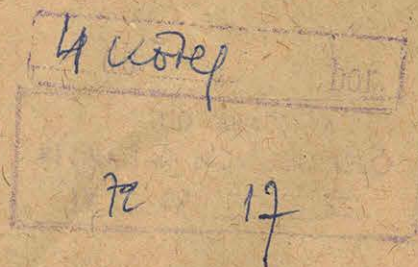


Ms 5096/15. Eotvos Lorand nevezettség  
ezekről jézreki  
VI - 10. + Anhang





Die theoretische Ausflussmenge: -  
 Versuche über die Ausflussmenge haben bis-  
 gegen gereicht dass die wirkliche Ausflussmenge  
 hiervon verschieden ist. - Wir näheren uns  
 sich an dass die Theilchen ~~herausströmen~~ <sup>in der Öffnung</sup>  
 sich parallel bleibend bewegen, und das ist  
 nicht der Fall - denn es findet eine Contra-  
 ction in der Öffnung statt. - Diese Contraction  
 ist eine Folge der Trägheit der Theilchen, deshalb  
 bewegen sich j. v. vorher in verticaler Richtung.  
 Man fand die Theorie konnte die Contraction  
 nicht mehr richtig berechnen, experimentell  
 ergab sich aber, wenigstens für den Fall  
 einer kreisförmigen Ausflussöffnung, dass  
 die Contraction eine Entfernung von der Öffnung  
 welche <sup>näheren</sup> gleich dem Radius des Ausflusskreises  
 ist, bereits constant geworden ist - sie beträgt  
 etwa  $\frac{1}{2}$  des Radius. -

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

Von dieser Stelle anfangen wird die gewöhnliche  
 Betrachtung anwendbar sein, so dass die

richtige Ausflussmenge  $= 0,64 \cdot f \cdot v$  ist

Ist an der Öffnung ein cylindrischer Hals, so

ist die Ausflussmenge  $= f \cdot v$

Ist da ein conisch mit erweiternde Hals so

ist sie sogar grösser als  $f \cdot v$

Diese drei Fälle will ich jetzt experimentel  
 zeigen.



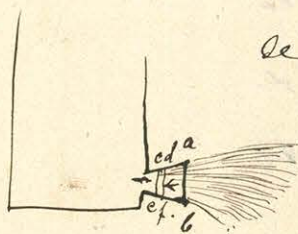
Es werde in jedem Falle eine gewisse Menge  
 Wassers aufsteigen lassen — und die Zeit  
 beobachten, welche dazu notwendig ist, dass  
 die Menge Wasser anfließt. —

Zur Messung der Zeit benützte ich ein  
 Metronom, welches in  $\frac{1}{100}$  Minuten aufschlägt  
 und nach 6 Schlägen auf eine Glocke ausschlägt.

Versuche:

- a) Kreisöffnung Zeit des Aufstieges = 18  
 b) ~~gleich groß~~ cylindrische Ausatzröhre von gleich  
 grossem Kreis Querschnitt, Zeit des Aufstieges  
 einer gleich grossen HD Masse = 13  
 c) konisch sich erweiternde Röhre, am Ausatz von  
 gleich grossem Querschnitt Zeit = 9

Aus dem letzten Versuche c) folgt dass die Geschwindigkeit  
 des Theilchen im Querschnitt f grösser ist als wenn  
 diese nicht da ist. — Es ist dies eine Folge dessen,  
 dass die cylindrische Ausatzröhre den Druck in  
 der hinteren Öffnung vermindert. — Wie so?



In der Ebene ab ist der Druck = 1 Atmosphäre.  
 Betrachten wir das Theilchen cdef., welche Kräfte  
 wirken auf dasselbe? Die schwere wirkt, aber  
 Druckkräfte von beiden Seiten. — Sind die Drücke  
 vorn und hinten gleich, so bewegt sich das  
 Theilchen mit gleichbleibender Geschwindigkeit,  
 ist aber der Druck hinten grösser so ist seine  
 Geschwindigkeit Bewegung eine beschleunigte;

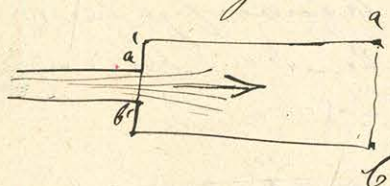


und wenn der Druck vorne größer ist, so ist die Bewegung eine verdrängte. —

Am Ende der Röhre ab ist nun der Druck von vorn und von hinten gleich dem einer Atmosphäre, hinten muss er kleiner sein, da ~~darüber~~ die Bewegung der Theilchen in der konischen Röhre eine verdrängte ist. —

Weitere Folgerungen: —

Dasselbe geschieht auch mit einem Luftstrom.



Bei ab wird der Druck gleich 1 Atm. sein. bei a'b' wird er kleiner sein. —

Es kann dies auch experimentell zeigen. —

Experiment.. Fig 1.

Eine Modification des Versuchs ist der mit dem Kohlenbalk.

Man kann den Versuch auch mit der Hand und einer kleinen Kiste ausführen.

Eine wichtige Rolle spielt die trichterförmige Art des Saugens bei dem Bunsen'schen Brenner. —

Bei diesem rührt die Leuchtstoff hauptsächlich von fliehenden Kohlentheilchen ab. —

Dar durch die Öffnung e austretende Gas breitet sich in der Röhre aus. — Bei ab ist dann der Druck gleich dem einer Atmosphäre bei a'b' ist er kleiner; da also die Röhre mit der Atmosphäre communicirt so muss Luft einströmen.

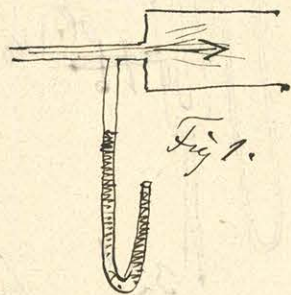
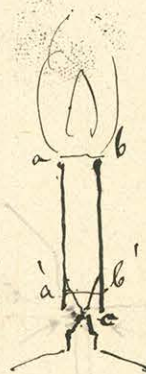
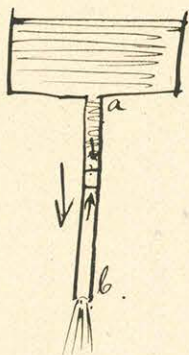


Fig 1.



MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA





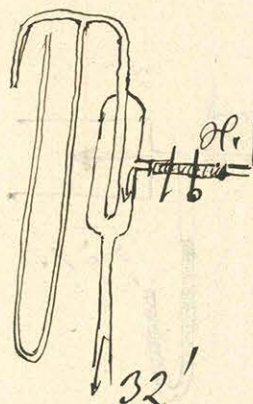
Vertikales Ausfließen.

Die Röhre ab sei überall gleichem Querschnitt, da ist die Geschwindigkeit in der Röhre eine gleichmäßige. — Wir können daher auch sagen, dass die Resultante der Kräfte die ich mit Pfeilen bezeichnete Null sein muss. — Wir sehen daher dass der Druck nach dem Ausfließen abnehmen muss. Von der Reibung sehen wir ab. —

Der Druck ~~von~~ nimmt dann herausgehend gerade so ab, als in der ruhenden Flüssigkeit. —

Sprunghöhe auch mit <sup>Luft</sup> messbar. —

Pompe's Wasserluftpumpe. —



Vorreigen. — Verdichtung.

Wenn es fließt, geht das ~~Flüssigkeit~~ Barometerstand steigt. —

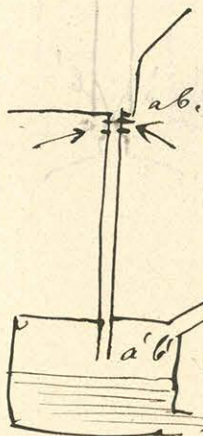
Es kann die Verdünnung größer werden, wenn ich die Geschwindigkeit <sup>des</sup> Ausfließens vergrößere, was mit dem Hahn H geschehen kann. Bei größerer Ausfließengeschwindigkeit ist nämlich der schädliche Einfluss der Reibung viel größer. —

Trummelgebläsen. —

Bei a b der Druck = 1 Atm.

bei a' b' größer. —

Der Unterschied zwischen ~~flüssigen~~ Tropfphasen und gasförmigen Flüssigkeiten ist der dass bei den letzteren die Dichtigkeit mit dem Druck veränderlich ist, während bei





bei tropfbarflüssigen Körpern nicht in diesem  
Masse der Fall ist. -

Wie wird nun ein Gas welches in einem Ge-  
fäße verdichtet ist, d. i. unter einem höheren  
Druck als 1 Atm. steht, bei der freien Luft  
ausströmen?

In A ist der Druck = 1 Atm. + Gew. der Wasser-  
säule  $h$ .

Nach dem Toricelli'schen Theorem, wäre  
nun

$$v = \sqrt{2g \cdot 733a}$$

Da  $733a = h$  d. i. die Druckhöhe ist. =

Denken wir uns dann hier ein anderes Gas  
eingeschlossen, so wird die Ausflussgeschwin-  
digkeit eine ~~andere~~ oder verschiedene sein. -

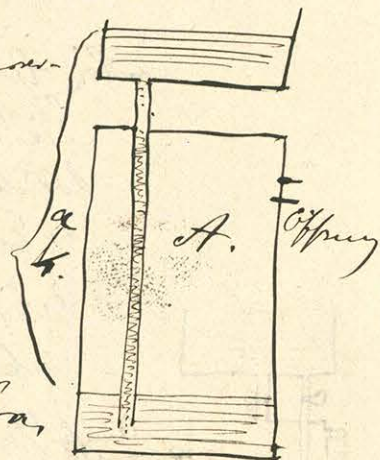
Für Wasserstoffgas wäre

$$v = \sqrt{2g \cdot 14 \cdot 733a}$$

Was die Ausflussmenge, d. i. das in der Zeit-  
einheit austretende Volumen, anbelangt  
so ist darüber dasselbe, wie bei tropfbaren  
Flüssigkeiten zu sagen. -

Die Ausflussmenge ist jedoch ebenfalls mit der Aus-  
flussgeschwindigkeit des Gases proportional. -

Demnach, sind die Ausflussmengen verschiedener  
Gase bei sonst gleichen Umständen d. i. glei-  
cher Drückender H<sub>2</sub>O Säule, der Quadraten  
des spez. Gew. des Gases umgekehrt proportional. -

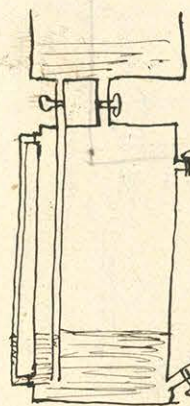




Auf diese Thatsache begründete Dumas ein  
sehr bequeme Methode der Bestimmung des  
spezifischen Gewichtes von Gasen, welche  
auch nämlich genaue Resultate liefert.

Im Prinzip ähnelt wie die angegebene Construction ist  
die des  
Barometres. - Vorzügen, Zeichen,  
Benennung eines solchen. -

Eine Unbequemlichkeit, dieser Art des Barometres,  
ist, dass die Ausflusgeschwindigkeit bei ihm  
abhängig ist, von der Höhe des H<sub>2</sub>O-Säulens;  
abhängig ist, von der Höhe des H<sub>2</sub>O-Säulens;  
abhängig ist, von der Höhe des H<sub>2</sub>O-Säulens;



abhängig ist, von der Höhe des H<sub>2</sub>O-Säulens;  
abhängig ist, von der Höhe des H<sub>2</sub>O-Säulens;  
abhängig ist, von der Höhe des H<sub>2</sub>O-Säulens;

Von diesem Fehler ist vollständig frei ist  
eine andere Art des Barometres. - Siehe Fig 2.

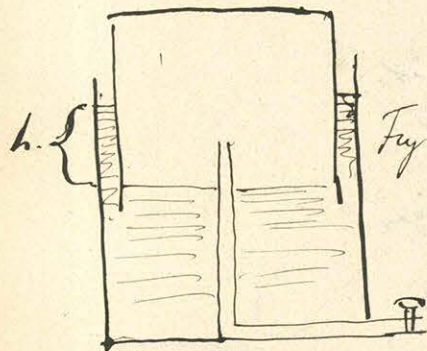
Hierbei steht das Gas ~~unter~~ unter dem  
Druck der Wassersäule h. -

Es g der Querschnitt des oberen Gefäßes, das  
ist das ~~oben~~ Gewicht des verdrängten  
Wassers.  $I = g \cdot h \cdot w$

$w = \text{Gew. der Vol. Einheit H}_2\text{O.}$

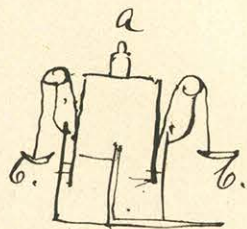
$$h = \frac{I}{gw}$$

Also ist das h constant, - Was hatten aber  
von dem Gewicht des Gases, und von dem  
Volumen der Wäandungen abgesehen - Daher  
ist auch unser Resultat nicht ganz streng.



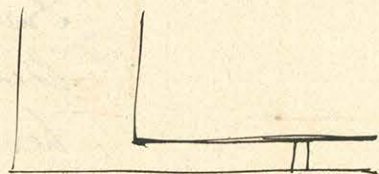


leicht ist es aber diese Höhenveränderungen  
 zu vermeiden.  
 Die Druckhöhe  $h$  kann leicht modifiziert  
 werden, indem entweder bei  $a$  oder in  
 dem Schalen  $b$ . Gewichte angebracht werden.  
 Vorreigen eines solchen Barometers 1 Klafter  
 hoch, fast 1 Fuss im Durchmesser. -  
 Ein solches Barometer kann man auch  
 als Schöne benützen. - Ich kann es bei  
 der Gasbläsenpumpe benützen. (Experiment.  
 Dabei Aufmerksamkeit gemacht darauf, dass  
 der Cylinders nicht, aber die Flamme  
 bleibt gleichmässig). -

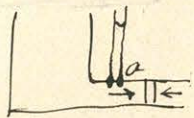


Bei den bisherigen Betrachtungen der Bewe-  
 gung von Flüssigkeiten, sahen wir von der  
 Reibung ab. - Dies ist sehr beträchtlich. -  
 Die Ventur'schen Erscheinungen  
 sind noch sehr unvollständig.  
 Ich will es dadurch auch kurz abmachen.  
 Betrachte man einen Geraden Fall.

Ein Reservoir, mit einer Höhe verbunden.  
 Wäre keine Reibung da, so müsste  
 die Geschwindigkeit der Theilchen in der  
 ganzen Höhe gleichmässig sein - & würde  
 sich dann die Flüssigkeit ähnlich wie ein  
 Stempel vorwärts bewegen. - Dies ist  
 aber nicht der Fall, die Geschwindigkeit  
 in der Nähe der Rohrwände ist kleiner, in  
 der Mitte der Axe ist sie am grössten.

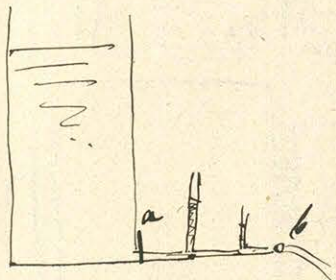






Wäre gar keine Reibung da, so müsste der Druck innerhalb der ganzen Röhre gleich sein. Würde dann bei a eine Öffnung gemacht, so würde da auch kein Wasser <sup>ausströmen</sup> ~~aus~~, da der Druck da nur Null wäre. — Dies ist aber nicht der Fall. — Die Thatsache aber in Mähen, wie sie die Figur darstellt, die Flüssigkeit aufsteigt, ist eine Folge der Reibung. — Die Reibung wirkt ja der Bewegung entgegen, so dass auf die Theilchen der Bewegung entgegen ein größerer Druck als in der Richtung derselben wirkt. —

In der Steighöhe in solchen Ausströmrohren, ist direct als Maass der Reibung zu betrachten. — Versuch. —



Bei Flüssigkeiten, verschieden wie bei festen Körpern, ist die <sup>Reibung</sup> ~~Veränderlichkeit~~ abhängig von der Geschwindigkeit. — Dies kann ich auch experimentell zeigen. — Bei a ist ein Schieber, mit welchem ich bewirken kann, dass die Ausflussöffnung grösser oder kleiner wird. — Ist diese grösser so ist die Ausflussgeschwindigkeit grösser die Parabel bei b gestreckter. — So kann ich wohl das Experiment ausführen. — Diese Reibung ist dem Quadrate der Gesch.



proportional, und ist von dem Drucke un-  
abhängig. - Dasselbe gilt für Gase. -

Die Bewegung des Wassers wird oft in der  
Industrie benutzt. -

Wasserräder. - Bei manchen von ihnen  
benutzt man den Druck des einfallenden Strahls  
auf einen festen Körper ausübt. -

Es sei einem Strahle  $SS$  eine feste Kugel  $P$  ent-  
gegengesetzt. -

Von der Seite der Flüssigkeit wirkt dann  
ein größerer Druck als der einer <sup>Wasserfläche</sup> ~~Wasserfläche~~  
desen Druck kaum <sup>mit</sup> als der Druck der Höhe  
vorstellen, welche die Platte in der Zeit-  
einheit erreichen. -

Vorausgesetzt die Größe der Platte ist sehr  
groß gegen den Querschnitt  $q$  des Strahles, so  
ist der Druck mit  $q$  proportional. -

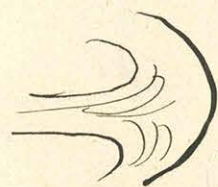
Wenn die Geschw. des Strahles zunimmt  
so ~~verändert~~ wird der Druck aus doppeltem  
Grunde vergrößert, erstens in Folge davon  
denn mehr Wassermasse <sup>drückt</sup> ~~drückt~~ die  
Leistung leisten, zweitens weil die Geschw.  
des Strahles größer ist. -

Also ist der Druck proportional mit  $q v^2$

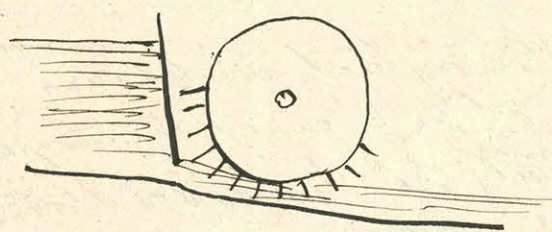
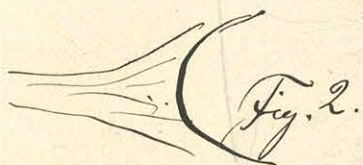
Wird auch die Platte bewegt z. B. mit  
 $v'$  in der einen oder der anderen Richtung so ist,  
der Druck  $=(v \pm v')^2 q$ .



Man kann leicht einsehen, dass der Druck  
den die Halbkugeln ausüben, um so  
größer ist, je mehr die Gestalt der Halbkugeln  
durch die feste Platte verändert wird.  
Sie ist also bei Fig 1 viel größer, als bei Fig 2.  
Fig 1. Hierauf begründen sich die unterschlägigen  
Wasserräder. -

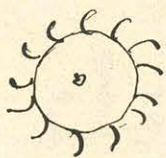


Die Drehungs-  
geschwindigkeit der  
Wasserräder nimmt  
so lange zu bis das  
Drehungsmoment des  
Wasserdrukkes, gleich  
wird dem Drehungs-  
moment der Widerstehenden Kräfte. -

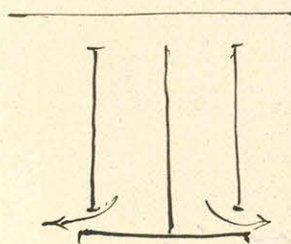


Ein solches Rad verarbeitet nur einen  
sehr kleinen Theil der vorhandenen Arbeits-  
kraft. -

Sticht man ein solches Rad kaum noch  
in 2<sup>ten</sup> Aufstellung werden, welches auch  
nicht benutzt wird. -



Besser ist das Poncellet-<sup>sche</sup> Wasserrad. -  
Nach Vallbonneres ist die Turbine. -  
Beschreibung der Turbine. -





Ich will jetzt mit Zahlen angeben wie die  
~~angeführten~~ Leistungen der ~~angeführten~~  
drei Arten von Wasserrädern zu einander  
stehen. —

Ich nun hier zeigen wie überhaupt die Leistungs-  
fähigkeit einer Maschine bestimmt wird. —

Ich denke mir dass die Maschine eine horizontale  
Welle in Bewegung setzt, ~~also~~ und daran ein  
Gewicht hebt. — Die Maschine wird <sup>ein</sup> ~~in~~  
~~besten~~ ~~bei~~ grobster Geschw. haben können, dass  
das Drehmoment der ~~Welle~~ <sup>Gewichtes</sup> gleich werde  
dem Drehmoment der die Welle bewegenden  
Kräfte. —

Dann kann man als Leistungsfähigkeit einer  
Maschine durch die Höhe gemessen werden,  
auf welche dasselbe ein bestimmtes Ge-  
wicht in der Zeit ein hebt. —

Ich will hier zeigen dass diese Leistungsfähigkeit  
durch die Größe des Gewichtes und die Höhe  
vollkommen bestimmt ist — dieselbe wird  
nicht verändert, wenn z. B. die Welle  
einen größeren Durchmesser hat, oder über-  
haupt die Art wie die Kraft der Maschine  
angewandt wird verändert wird. —

Erläuterung denen an einem Beispiel zuerst.  
Durchmesser der Welle = 1, dann ange-  
nommen = 2. —

Das Produkt von Gewicht und Höhe ist  
= Arbeit also =  $gh$



Einheit der Arbeit = 1 Kilogrammster, oder  
= 1 Kuppel. -

Dennach wird man angeben können  
wie viel Arbeit von einem Wasserrade  
innerhalb einer gewissen Zeit geleistet  
wird. D. i. wie groß seine Arbeitsleistung  
ist. -

Die theoretische Arbeit <sup>in der Verleumdung</sup> der Wasserräder wäre  
= dem Gewicht der Wassers, welches in  
der Zeiteinheit an der Schaufel drückt  $\times$   
mit der Fallhöhe des Wassers. -

Die wirklich geleistete Arbeit ist <sup>vom</sup> ~~ganz~~  
dies sehr verschieden, namentlich wegen  
der Reibung des Wassers. -

Es ist die wirkliche Arbeitsleistung

des unterschlägigen Wasserrads = 0,25 der theot.

des Ponceon - schen = 0,60

des Turbines = 0,75

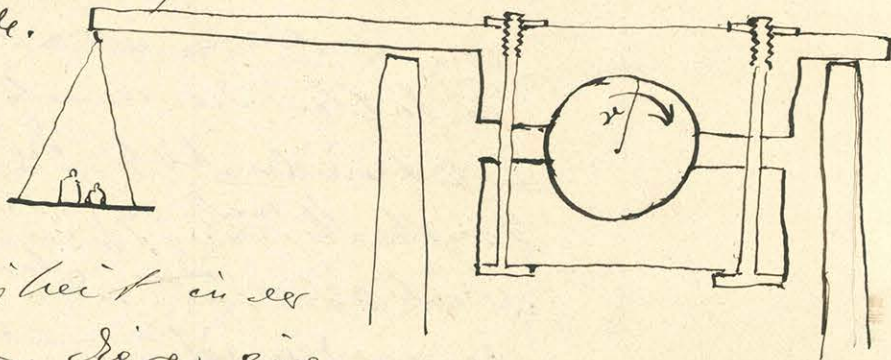
Des überschlägigen Rades <sup>bei einem Kammer-  
gewinn 0,70 sein</sup> ~~gewinn 0,70 sein~~

Diese Zahlen sind durch Versuchen gewonnen,  
welche an 10 Rädern angestellt worden sind.  
Es muss hier angegeben sein wie solche Arbeits-  
leistung bestimmt werden kann. -

Dies könnte man durch ein gehobenes Gewicht  
bestimmen. - Durchführung dieser Idee. -



Diese Methode ist anschaulich aber  
unbequem. -  
Bemer ist es statt einem Gewicht zu heben,  
eine gewisse Reibung zu überwinden. -  
Deshalb die Prong - sche Brems- oder Brems-  
Dynamometer. - Beschreibung. -  
Beschreibung der Methode.



Fällt eine ~~Flug~~ Flüssigkeit in der  
Luft, so erleidet es von dieser eine  
Reibung. - Fällt ein Wassertheilchen so schnell  
herab, stets mit neuen u. neuen Luft-  
theilchen in Berührung, und gehen diese  
einen Theil ihrer Geschwindigkeit ab. -  
Fällt eine Fl. zweimal so schnell wie  
früher, so wächst der Widerstand an  
wie quadrat, so dass mit der Fl. mit  
2 mal so viel Luft in Berührung tritt,  
denn mehr die Geschwindigkeit also auch der  
aufgetheilte zweimal so groß geworden  
ist. - So dass der Widerst. des dem Quadrate  
der Geschw. proportional ist. Der Widerstand  
hängt ferner noch von der Masse des  
fallenden Th. ab - dann auch von seiner  
Gestalt. -



Zwei gleich große, gleich Gestaltete, aber  
verschieden Dichte Körper fallen ~~unter~~ ~~verschieden~~  
~~deren~~ ~~Gründen~~ verschieden schnell da ja  
die Widerstände verschieden sind. -

Nehmen wir zwei Kugeln von der selben  
Masse aber das eine von dem Durchmesser 1,

das andere von dem Durchmesser 2,

so fallen sie auch nicht gleich rasch. -

Es ist nämlich die Oberfläche der größeren

Kugel 4 mal so groß wie die der kleineren,

während die ihre Masse 8 mal so groß

geworden ist - Demnach ist da die

Verzögerung in Folge der Reibung nur  $\frac{1}{8} = \frac{1}{2}$

derjenigen im ersten Falle. -

Dies stimmt mit der Erfahrung überein. -

Nachdem man nicht so weit weg wie

ein Stein her. -

Einfluß der Gestalt auf den Widerstand.

Glatte Kugel. -

Fallschirm. -

Körper welche in Luft fallen können

nur eine gewisse Geschwindigkeit erreichen,

anwendung dessen auf den Fall der

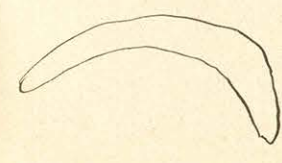
~~Umschlagdüse~~ Erscheinungen des Luftwiderstandes. -

In Neu-Holland ist Baumrind gebräutet.

Baum, hat die Gestalt des Mondbogens.

Ungefähr wie Fig. 1.

Der Querschnitt ist 1 wie Fig. 2.

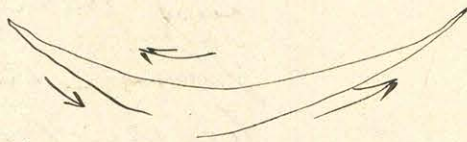




ist eine leichte Kreis durchschneidung, die  
andere fast eben, aber nicht ganz;  
kann gewonnen eine windschiefe Fläche.  
Die Bewegung der Beschicht geworden  
Bewegung ist Fig 2.

Fig 2.

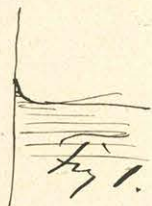
Auf die Gestalt kommt es nicht  
so sehr an. - Versuch gemacht mit dem  
Kartenblatt.



Eine vollständige Theorie des Widerstandes  
müßte auch seine Erscheinungen erklären.  
Dann müßte aber die Bewegung eines jeden  
Lufttheilchens kennen, - eine solche  
vollständige Lösung ist bis jetzt noch nicht  
gelingen. - Man kann theoretisch doch  
erklären, dass gewisse Körper in einer  
Flüssigkeit gehen müssen, in Folge des Luft-  
widerstandes.

Wir wollen uns jetzt mit den Capillari-  
tätsercheinungen beschäftigen.

Ich sagte schon das HD in Glas wie Fig 1  
steht, das dagegen Hg in Glas wie Fig 2,  
begeugt ist. - Ich sagte auch das HD  
in polirten Röhren steigt, Hg fällt.



Ich habe hier zwei Röhren aufgestellt,  
das eine enthält ~~etw~~ Alkohol, das andere  
Hg - sehen sie sich das an.



Ich sagte auch schon dem die Capillaren  
Kräfte Kräfte sind mit welchen die Theilchen des  
Körpers in unendliche kleinen Entfernungen aufeinander  
wirken.

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA



Das solche Kräfte da sein kann ich zeigen,  
wenn ich einen Glorstab in Wasser tauche,  
es bleibt ein Tropfen hängen. ... Man nehme ich  
daneben mit einem zweiten Glorstab,  
und bringe beide Tropfen zusammen, so  
fließen in dem Momente der Berührung  
beide Tropfen zusammen, es entsteht  
eine heftige Bewegung. - Die Ursachen dieser  
Bewegung sind die Capillarkräfte.

~~Man~~ <sup>Früher</sup> ~~tauche~~ ich den Stab so lange dem Pl. Micon  
so wird so lange keine Wirkung beobach-  
tet werden, bis zwischen Glorstab und  
Plat. Micon noch ein Lichtstrahlchen  
durchgehen kann. - Dasselbe geschieht  
bei der Annäherung zweier Tropfen.  
Welche Wirkung werden solche Kräfte  
ausüben?

Nehmen wir ein Theilchen A umgeben  
der Theiligkeit, es wirkt auf dasselbe  
von einer Seite der Nachbartheilchen B,  
von der andern Seite der Nachbartheilchen  
C. Diese beiden sind gleich die Resultante  
der Wirkung ist = Null. - Ebenso heben  
sich die Wirkungen aller anderen Theilchen  
um A auf. Dies gilt für Theilchen  
welche überhaupt nach in der Wirkungssphäre von A liegen, d. i. in einer Kugel  
mit dem kleinsten für uns sichtbaren  
Radius. -





Man nennt die grösste Entfernung in welcher  
die Wirkbarkeit noch vorhanden ist, den

**Radius** der Wirkungsphäre . -

Es sei  $A$  ein Theilchen in der Nähe der Wirkung,  
nennen  $HH'$  den Kreis seines Durchschlitz  
der Wirkungsphäre .

Sei in der Ebene  $H'H'$  durch so liegen  
die Theilchen innerhalb  $HH'$ , denn  $HH'$

und der Kugelfläche symmetrisch gegen einander.

Es bleibt es aber nach die Theilchen innerhalb  
des Kugel unterhalb  $H'H'$  wirkt an. Dies  
werden auf  $A$  Kräfte ausüben, deren Resultante  
vertical ist. - Je näher  $A$  nach Niveau ist,

um so grösser ist der unsymmetrische Kugeldruck  
also um so grösser der vertical nach unten  
wirkende Druck. - Dieser Druck ist gleich einem  
Stempeldrucke zu betrachten. -

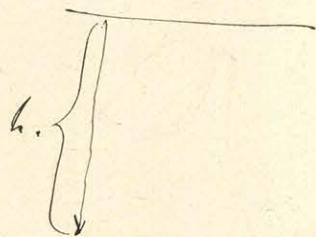
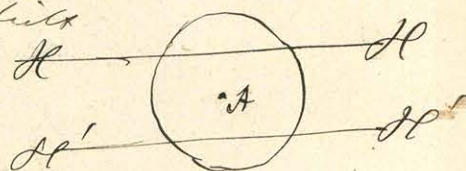
Der Druck welcher auf ein  $Fl.$  Theilchen ausübt,  
um  $h$  unterhalb des Niveaus liegt es, demnach

$$= h + A + K$$

= gew. dr. Wassersäule  $h$  + Atm. Druck + Kugeldr. der ein  
Constante welche von

der Natur der  $Fl.$  abhängt.

Bisher betrachtet wir uns ein horizontales  
Wasserniveau. Ist aber die Grenzfläche der  $Fla$   
eine Kugelfläche . -



MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

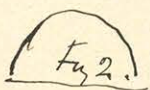




$$Dr = h + A + K - \frac{H}{r}$$

$H$  = Capillaritätskonstante von welcher alle Capillaritätserscheinungen abhängen. -

Dr. Wenn die Form Fig 2 ist so ist



$$Dr_{\text{conv}} = h + A + K + \frac{H}{r}$$

Der Druck ist also abhängig von dem Radius des Kugel an der Stelle wo wir den Druck suchen. -

Druck gewonnen ist

$$Dr_{\text{conv}} = h + A + K + \frac{1}{2}H\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r''}\right)$$

wo  $r'$  und  $r''$  die Radien, Längen der beiden Krümmungshalbenmesser bedeuten. -

Die Laplace'sche Theorie ist unabhängig von jeder Annahme über das Gesetz des ~~Druck~~ Drucks eines beobachteten Phänomens. -

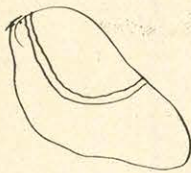
Betrachtung einer freien Flüssigkeit,

Kanal - welcher an der Oberfläche vertical mündet. - Gleichgewicht, bedrückt eine Flüssigkeitsmenge ist

$$\frac{1}{r'} + \frac{1}{r''} = \text{Const.}$$

Dies Gestalt ist eine Kugel. -

Regentropfen - Man kann auch größere Fl. Mengen in ähnl. Lage setzen, nämlich in die Lage dass auf sie keine Schwerkraft wirkt. Olivenöl ist leichter als Wasser schwerer als Alkohol, es gibt also ein Gemisch von beidem





in welchem Olivenöl schwimmt. -

Eine Oberfläche welche der Bedingung

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \text{const.}$$

ist ein Minimum, Dies ist eine Kugel. -

Wenn Essendratzgerippen da sind, da können  
untenbedingungen da sein, so dass andere bestallen  
die minimal flächen sind. -


Plateau's Versuche mit Seifenblasen.

Versuche 1) Eine Essendratzgerippe Seifenblase aus  
deren Hautoberfläche ist in <sup>entw.</sup> Ebene. -



2) Abgerundeten.

3) Mit einer <sup>Tropfenform</sup> Seifenblase eine Seifenblase 2)

geblasen auf das  gelegt, aber darauf  
ein neuer ausgeblasen, entsteht eine glatte.

Fläche. -



4



5) Tetraeder.

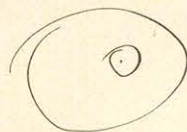
6 Flächen die Fläche berechnen

6) Tetraeder nachmal ein geblasen in der ersten  
Figur eine weitere. -

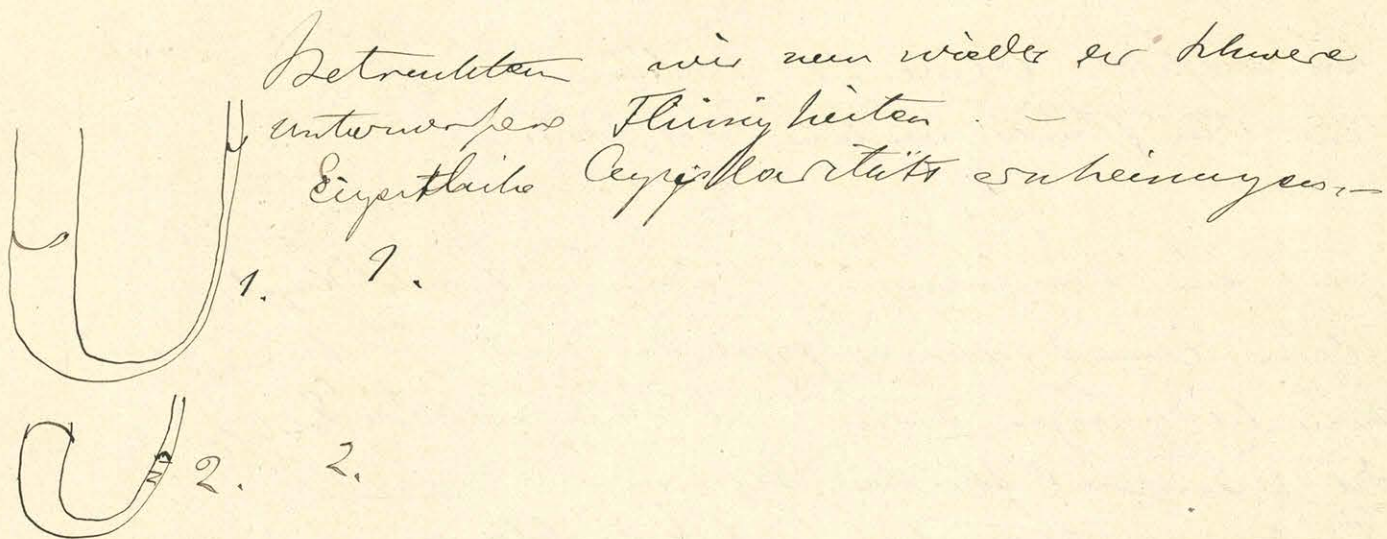
7) Würfel 2 Arten der Figur a) nach einmaligen  
eintauschen b) nach wiederholtem Eintauschen

8) Ich habe eine Porzellan- oder Seifen- oder  
beim einen Seifenfaden auf einem Seifenfaden bildet  
sich eine Kreisform, indem die Seifenfaden  
eine Kreisgestalt annimmt. - Abhängig von  
der Bedingung der minimalen Fläche. -

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

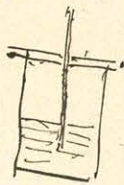






Betrachten wir nun wieder ein schweres  
 unterwerfenes Flüssigkeit. —  
 Eigenthümliche Capillarität eintretend.

Der Niveau Unterschied ist umgekehrt proportional  
 mit dem Radius der Röhre. — Es ist die Höhe  
 $= \frac{H}{r}$ ; Dabei ist die Höhe zum äußeren Niveau  
 hin zu rechnen bei benetzenden Fl., ab zu ziehen  
 bei conder gekrümmten Flächen. —  
 Dieser Werth des Niveau Unterschiedes ist aber  
 nur dann geltend, wenn die Röhre eine sehr  
 enge ist; die selbe ist natürlich auch ein  
 Annäherungswert.

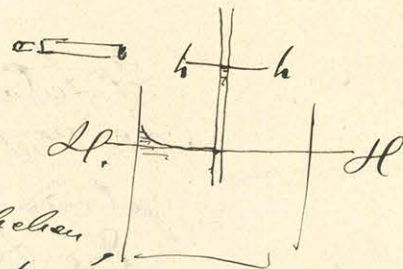


Sehen sie sich das an, ich gebe diese Skizze her.  
 Aus der Gl.

$$h = \frac{H}{r}$$

kann ich die Capillaritäts constante  $H$  berechnen,  
 wenn man  $h$  und  $r$  kennt. — Ich nun zeigen  
 wie die Größen gemessen werden. —  
 Messung von  $h$  mit dem Kathetometer,  
 Bestimmung der Kathetometers, Vorreigen.





Ablesung des Höhenunterschiedes  $h$ .

Ablesung des Niveaus  $H$ .

Die letztere kann nicht unmittelbar geschehen, es geschieht dadurch, dass man eine Stifte in der Oberfläche Näher, so lange noch keine Capillareswirkung eintritt. - Dann lässt man den Stifte heraus und misst den Niveau. - Bestimmung von  $r$ , es kann dies dadurch geschehen, dass man einen  $Hg$  Faden in die Röhre zieht - und die  $Hg$  Menge so wird die Länge des Fadens misst. -

Dieses Verfahren führt nicht zu genauen Resultaten, da es die Voraussetzung, dass die Röhre im Innern überall gleich weit sei, dass sie ~~keine~~ vollkommen rein sei. -

Diese Methode der Bestimmung der Capillar-Constante ist also ungenau. -

Es giebt aber noch andere Methoden mit Hilfe derer man die letzten kann.

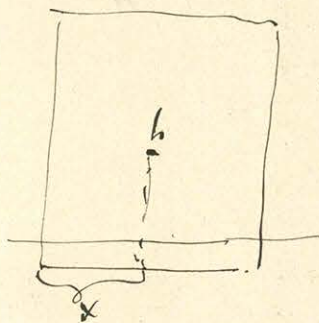
Nehmen wir zwei Platten, bringen sie in bestimmte Entfernung und messen die Steighöhe. - Ist  $e$  die Entfernung der Platten so ist

$$h = \frac{H}{e}$$

Hieraus will ich einen Schluss ziehen. -

Zwei Platten so zusammengeführt, dass sie



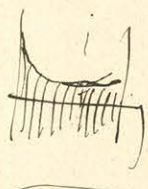


auf einer Seite in Berührung sind, während  
 sie auf der anderen Seite durch einen Draht  
 getrennt sind, -

Die Höhe im Punkte  $h$  ist abhängig von  
 dem Abstände der Platte in dem Punkte.  
 Dieser Abstand ist nun proportional mit  
 $x$ , so dass das Produkt

$$hx = \text{const.}$$

ist, - Eine Curve welche diese Bedingung  
 genügt wird von Mathematikern eine gleich-  
 seitige Hyperbel genannt, -



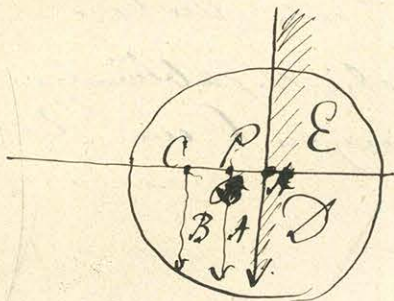
(Herumreichen einer ebenen Platten, die überall  
 gleich weit entfernt sind, und welches anderes  
~~die nun nicht so~~ die eine Hyperbel berühren)

Wir betrachten nun jetzt nur Kräfte mit  
 welchen  $H_1$  auf  $H_2$  wirkt. Dasselbe ist in  
 der Nähe der Fläche von der Oberfläche ab-  
 hängig, -

Die Oberfläche ist aber durch die Anziehung  
 der festen Theile des Gefäßes selbst ist bedingt.  
 Überwiegen der Anziehungen der Wände so  
 ist die Oberfläche concav, ist convex im  
 entgegengesetzten Falle, -

Wir betrachten den Grenzfall in dem nämlich  
 die Oberfläche eine horizontale Ebene ist.





In diesem Falle muss die Fl.  
in Gleichgewicht sein, und  
es müssen deshalb die Resultante  
sämmlicher Kräfte vertical  
nach unten gerichtet sein. -

Man P. in der Fl.

Ringsherum wie Ringspaße.

Es liegt drei Ebenen vertical durch die mit  
~~3 Ebenen~~ Pfeilen bezeichneten Geraden, so schneide  
ich dadurch die Theile aus, welche offenbar  
nur eine verticale Componente haben. -

Bleiben nach der ersten Theile in E und D

Es gehen dieselben eine horizontale Componente. -

Ist  $C = 2D$  so ist die Fl. in Gleichge-  
wicht, wenn ihre Oberfläche bei der Schwin-  
dung horizontal ist. -

Ist nun  $C > 2D$  so ist eine horizontale  
nach unten gerichtete Componente da  
in diesem Falle wirkt also auf P eine  
Kraft in der Richtung K. - Auf diese Kraft  
richtig <sup>normal</sup> ~~vertical~~ muss in Gleichgewichts-  
falle die Oberfläche stehen, als ist  
die Oberfläche in diesem Falle convex. -

Entgegengesetzter Fall. -

Reibungswinkel unabhängig von Weite  
des Rohres, allein von der Natur beider Körper  
abhängig. -



$\mathcal{E} = \text{const.}$  ist ein Laplace'scher Satz. —  
 Ich will zeigen wie dieser Winkel abhängig  
 ist von den beiden Annäherungen  $C$  und  $D$ .  
 Nach Laplace ist

$$\sin \frac{1}{2} \omega = \sqrt{\frac{C}{C+D}}$$

Denken wir uns einen Kreis mit Radius  
 1 beschreiben, und denken wir uns einen ver-  
 ticalen und einen horizontalen Durchmesser  
 gezogen. — Construction.

Wenn also  $C = 2D$  so war

$$\sin \frac{1}{2} \omega = \sqrt{\frac{1}{3}} =$$

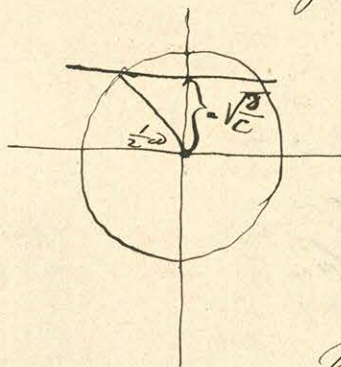
$$\text{also } \frac{1}{2} \omega = 45^\circ \quad \omega = 90^\circ$$

Das stimmt mit unserem Resultate. —

Wenn  $C = D$  so ist  $\omega = 180^\circ$

$C > D$  so geht es keinen Winkel an

welchem ein Zusammenhang von festen  
 Körper und Fl. möglich wäre, so dass gleich-  
 gewicht da wäre. — In diesem Falle findet  
 ein Perpetuum statt.





Auf der Tafel:

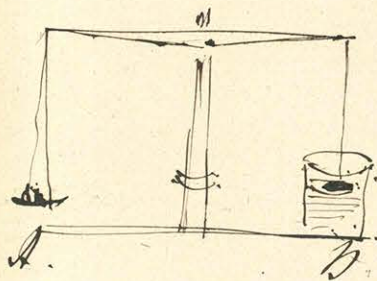
Absorptions Coefficienten des Wassers.

	0°C.	10°C.	20°C.
für Sauerstoff	0,04114	0,03250	0,02838
für Stickstoff	0,02035	0,01607	0,01407
" Kohlenwasserstoffe	1,7967	1,7847	0,9014

Wenn ein Fl. eine Röhre benetzt, so ist es gleichgültig, welcher Art diese Röhre ist; wenn nämlich eine Benetzung stattfindet so steht die Flüssigkeit in einer Röhre, welche aus der Fl. selbst besteht.


H<sub>2</sub>O benetzt Glas, aber auch Metalle, und es steht wirklich H<sub>2</sub>O zwischen 2 Platten die gleichweit entfernt sind, gleich hoch, ob die Platten aus Glas, oder aus Metallen bestehen. Eine solche Benetzung des Metalls findet aber nur dann statt, wenn die Metalle vollkommen rein sind. Ist nur die geringste Fettschicht dazwischen, so findet keine solche Benetzung statt. — Ich richte die Nadel durch einen Finger, es bildet sich ~~das~~ in Folge dessen eine dünne Fettschicht auf demselben, ich werfe sie in H<sub>2</sub>O, und die Nadel schwimmt. Scheinbar ist dies eine Annahme der Archimedischen Prinzipien. Eine nähere Betrachtung zeigt aber dass die Gewichtsmessung der Nadel doch gleich ist dem Gewichte des verdrängten Wassers. Nur ist die letztere Gew. größer als die der Nadel, also es muss schwimmen.





Ähnliches geschieht bei den auf Wasser herumkriechenden Insekten. —

Ich werde mich zur Betrachtung der Adhäsions-  
erscheinungen. Ich fange mit einem Versuche an.  
Versuch. — Hydrostatische Wage, Metalplatte  
auf ein HO Niveau gesetzt. —

Lege ich ein Gewicht bei A hinauf, so aus-  
schnebt sich die Wage der Wage ein klein  
wenig. — Es ist bei der Platte die Oberfläche  
wie Fig. 

Lege ich noch ein Gew. hinauf so steigt  
wederum die Platte. — Ich werde endlich  
ein Gewicht erhalten wo die Platte abreißt.  
Daher ist nicht die Platte von dem HO  
abgerissen worden; ~~sondern~~ e hat sich die  
Eindringung stets vergrößert, also es haben  
sich die HO Theilchen von HO Theilchen  
getrennt. — Das Gewicht deutet also an,  
wovon der Kraft mit welcher die  
Flüssigkeitstheilchen sich trennen. —  
Wenn auch vorläufig der Zusammenhang  
zwischen diesen und den Capillareschei-  
nungen nicht einleuchtet; so ist ein solches  
Zusammenhang in dem Masse das das  
die Theorie erlaubt, aus der Capillares  
Constante die Größe der zum Reissen nöthi-



gen Anwachter zu berechnen. -

Ich will jetzt den Versuch mit Hg wiederholen. - Ich hatte bei Wamer 8 Gramm Dampfegelegt, jetzt lege ich 10 Gramm hinein und es reißt doch nicht.

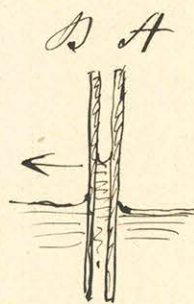
Setze ich sogar 20 Gramm so reißt das nicht, bei 30 Gramm fadet aber das Abreißen statt. - Bei diesem Abreißen bleibt nichts an der Platte haften, hier werden also die Theilchen der Platte von dem Hg Theilchen getrennt. -

Eine andere mit dem eben besprochenen eng zusammenhängende Theilchen ist die scheinbare Anziehung zweier in ein H. getauchter fester Körper. -

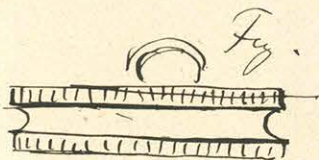
Denken wir uns zwei Platten A und B, sei A fest, B beweglich, so wird sich B dem A nähern, soll diese Näherung verhindert werden, so muss an B eine ~~entstehende~~ Kraft angebracht werden, welche die scheinbare Anziehungskraft beider Platten misst. -

Die scheinbare Anziehung ist eine Folge der verschieden grossen Druke, welche die <sup>bewegliche</sup> Platte von beiden Seiten erfährt. -

Nachweis dieser Behauptung für den Fall







convex gelinnes Oberflächen —  
 Ich bin mir nun mehr derartige  
 Horizontale Platten. —  
 — 2 solche Platten wie Fig. sie zeigt heften  
 mit starker Kraft zusammen. — Versuch  
 In ~~dem~~ die Pl. schicht ist um 20 grösse  
 und die Kraft mit welcher sie sich anziehen.  
 Ich kann dies experimentell zeigen, indem  
 ich die Platten ~~zu~~ Abreise eine Trache, und  
 wieder zusammenfüge so wird die Pl. schicht  
 auf die Hälfte reduziert. — Als Pl. wurde  
 Alkohol benützt. —

Trache ich beide Platten, so werden sie  
 wenn auch nur mit kleiner Kraft, aber  
 doch ~~unvermeidlich~~ aneinander gezogen.  
 Dies zeigt das auch feste Theile auf feste  
 Theile Kräfte anziehen. —

Nach Auffallendem kann ich diesen Versuch  
 mit zwei bei Klatten zeigen. —

Damit geschieht kein Kitten, Leimen,  
 Löthen. —

Beispiel: Glas, Siegelloch, Metall.

Ähnliche Anziehungen geschehen auch zwis-  
 chen zwei verschiedenen Flüssigkeiten. —

Wie unterscheiden, mischbare und unmisch-  
 bare Flüssigkeiten. —

Man kann auch zwei mischbare Flüssigkeiten



so aufeinander bringen. Dann nie Aufsteig  
schieß getrennt erscheinen. - Wie wird  
das gemacht.

So ganz ich in deren Lage H<sub>2</sub>O auf Kup-  
fervitriol Lösung, sie sehen wie der Saft.  
Wache noch sichtbar. - Nach einiger Zeit

wird aber doch eine Mischung stattfinden.

Die Theilchen von ~~H<sub>2</sub>O~~ Kupfervitriol  
steigen trotz ihrem grösseren spez. Gew.  
auf, und die H<sub>2</sub>O Theilchen steigen trotz  
ihrem geringeren spez. Gew. etwas nieder. -

Eine solche Mischung geschieht aber nur  
sehr langsam. -

Endemore - Wichtigkeit für Physiker,  
für Chemiker.

Auch Fließflüssigkeiten welche nicht mischbar  
sind üben Anziehungskräfte aufeinander  
aus. - Bringt man ein Tropfen Terpen-  
tinöl auf Wasser, so breitet sich Dasselbe  
rasch aus. - Es müssen Kräfte da sein  
welche so grosse Geschwindigkeiten hervor-  
bringen, man kann diese Ausbreitung mit  
Hülfe des Farbens dünner Blättchen nach-  
weisen, ja messen. -

Versuch. -

Thiowasser fällt darauf Wasser, Terpentin-  
tropfen hineingeworfen. - (Erdöl des Vorl.  
und reibher gereinigt)



Es liegt nun die Frage nahe, ob auch  
wird Loose derartige Annäherungen auswendig  
ausüben. —

Das Volumen der Mischung zweier Gase  
ist immer gleich der Summe der Volumina  
beider Bestandtheile der Mischung. —

Nach diesem wichtigsten Satze kann also  
keine ähnliche Mischung wie bei Flüssigkeiten  
vorhanden sein. —

Es ist aber auch möglich, dass eine Kraft-  
einwirkung die die bei unmissharigen Flüssigkeiten  
stattfindet. — Unterscheid von den Flüssigkeiten.

### Diffusion der Gase.

Daraus ziehen wir den Schluss dass die Mischung  
zweier Gase nicht annähernd.

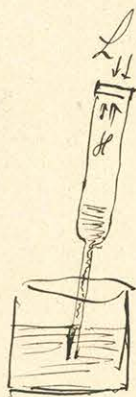
Diffusion der Gase durch poröse Scheidewände.  
Dabei gilt folgendes Gesetz:

Es verhalten sich die Durchdringlichkeiten, mit  
welchen die Gase in entgegengesetzter Richtung  
~~durchziehen~~ die Scheidewand durchziehen,  
umgekehrt wie die Quadratwurzel aus ihren  
spezifischen Gewichten.

Natürlich ist ~~bei der Best.~~ derjenige Werth  
des spezifischen Gewichtes in Betracht zu ziehen,  
welcher dem Gase zukommt unter dem das  
Gas steht. —



Ich kann Ihnen einen Versuch vorseigen, der die Klar machen wird. Ich fülle diese mit Sygas verstopfte Röhre mit ~~H<sub>2</sub>~~<sup>H<sub>2</sub></sup>, tauche sie in Wasser, und sie sehen das das Wasser in der Röhre steigt d. i. ein größeres Volumen von H in der Luft austritt, als stattdessen Luft eintritt. -



Ich will Ihnen jetzt noch davon Erwähnung thun. Das auch zwischen Theilchen fester oder flüssiger Körper einsetzt, ~~zwischen~~ und Theilchen gasförmiger Körper andererseits Anziehungskräfte da sind. - Das solche Kräfte da sind sehen wir schon daraus dass Luft an Glas an Hg haftet, was wir beim Barometer sehen. -

Nach auffallender treten diese Erscheinungen bei der Absorption auf. - Kohle absorbiert die meisten Gasarten; Dasselbe thut das Wasser.

Versuch. Zwei in Hg gestellte Glasröhren in beiden H<sub>2</sub>, in der eine wird Kohle das andere H<sub>2</sub> gebraucht, richtige Absorption. Die Temp. ist von wesentlichem Einfluss auf die Absorption. Ein fester Körper festzustellen ist schwierig für Absorption fester Körper, da ja die Vertheilung der Poren innerhalb nicht



in Rechnung gezogen werden kann.  
Trotzdem kann man sagen das Kohle  
ungefähr 50 mal sein Volumen absorbiert.  
Sinnvoll wenn das Gas in der Kohle  
unter einem Drucke von 50 Atmosphären  
steht. - Hieraus kann man sehen das  
~~das~~ die Annahmen welche das bewirken  
sehr gross sind. -

Leichter ist zu experimentieren über die  
Absorption der Flüssigkeiten. -

Henry - Dalton -sches Gesetz Die Abs. Menge  
des Gases von einer fl. absorbierenden Substanz  
ist proportional mit dem Drucke unter  
dem das Gas steht. -

Das Gesetz durch Dumas bestätigt.

Definition des Absorptionscoefficienten.  
Tabelle.

Da die Absorption von fl. in fl. auf Gas  
kleiner wird wenn der Druck kleiner, die Temp.  
größer wird sieht man in täglichem  
Leben. Theorie massenhafter Getränke. -

Das Absorptionsgesetz bezieht sich auf den  
Fall eines einfachen Gases.

Wird eine fl. mit einer Menge von Gasen  
in Berührung, so wird von jedem Gase  
absorbiert, und was wird von jedem  
Gase eben so viel absorbiert, als ob  
es allein da wäre.



Wenn wir uns jetzt das bei dem Regen-  
wasser, - betrachten wie die Atmosph.  
allein aus O und N bestehend.

Die Mischung der Luft ist  $O = 21$  Vol  
 $N = 79$  Vol

bringen wir H<sub>2</sub>O von der Temp. Null  
grad zusammen. - Von O absorbiert es so  
viel als ob wenn N nicht da wäre.

Der Absorptionscoefficient der O ist für  
diesen Fall  $= 0,04114$

Der Druck der O in der Luft ist  $t = \frac{21}{100}$  Atmosph.

Der parti Druck:

Wenn man zwei gleiche Volumina Wasser  
dazu nimmt und sie auf den ursprüngliche  
Volumen zusammenbringt

Demnach ist das Volumen der absorbierten

Sauerstoffe  $= 0,04114 \cdot \frac{21}{100} = 0,00864$  Vol. bei 1 Atmosph.

Die absorbierte N Menge ist  $= 0,02055 \cdot 0,79 = 0,01623$  bei 1 Atmosph.

Diese beiden Zahlen verhalten sich nahezu wie  
 $35 : 76$ , so dass die in H<sub>2</sub>O enthaltene Luft  
die Zusammensetzung  $35 O + 76 H$  hat.

Darum haben es die Wassertheorie so gut!



Von den Kräften welche die Theilchen des Körpers  
in einem oder kleinen Entfernungen auf einander  
ausüben hängen auch die Elasticität ab.

Es nun hier

Sie nehmen an dass Körper alle drei Aggre-  
gatstände aus ~~atom~~ Molekülen bestehen,  
welche in Entfernungen da sind, welche noch  
sehr gross gegen die Grösse der Moleküle sind.  
Sie stehen sich in der Richtung ihrer Verti-  
calslinie an. - Werden die Entfernungen kleiner  
so treten Abstoßungskräfte auf. - Man kann  
solche Annahmen nur so erklären dass alle  
die Moleküle nicht zusammenfallen - wären  
jedoch die Moleküle in ständiger Bewegung  
so könnte man es auch erklären warum  
sie nicht zusammenfallen - Bsp. Himmelskörper.  
Wir machen die erste Ansicht, wenn es  
auch nicht einleuchtend ist ein Kraft  
annehmen welche Anziehung u. Abstoßung.  
Man hat aber <sup>auch</sup> diese Kraft in 2 Elementar-  
kräfte zerlegt.

Man nimmt nämlich an dass jedes  
Molekül aus einem Kerne u. einer Hülle  
besteht; dass dass der Kern eines Mo-  
leküls sich in allen Entfernungen anzieht,

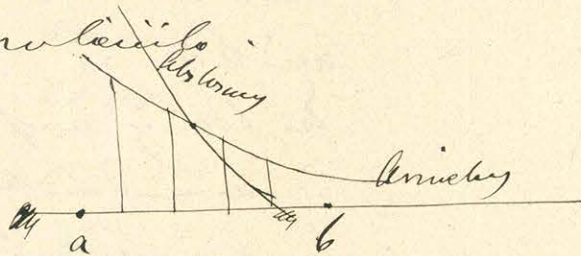


die Hüllen mit in allen Entfernungen ab-  
stossen. —

Ich will dies graphisch darstellen.

Es seien  $a$  u.  $b$  zwei Moleküle.

Ich denke mir  $b$  in  
verschiedenen Lagen, und  
führe als Ordinate die  
Größe der Anziehung an. —



~~Die~~ Ebenen schneiden sich in einem

Punkte, in diesem ist die Anziehung  
der Abstoßung eben gleich, nach einer Seite  
ist die Anziehung, nach der anderen die  
Abstoßung überwiegend. —

Man nahm früher an, dass die Hülle  
des Moleküls die Ursache aller Wärme-  
erscheinungen sei, und nannte ihn Wärme-  
stoff. — Die Unmöglichkeit einer solchen  
Theorie ist aber nachgewiesen, doch  
hat sie Erklärungen mancher Erscheinungen gege-  
ben, so von der Ausdehnung durch Wärme. —  
Dem beim Erwärmten werden die Abstoßungs-  
kräfte der Hülle verstärkt. —

Aber diese Theorie giebt eine Erklärung  
der steten Ausdehnung der Sonne, ~~trachtet~~  
sollte und die Aetheren.

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADEMIA  
KÖNYVTÁRA

Abst.  
Anz.

Kein Schnittpunkt.



Es erklärt dies warum unter hohem  
Druck eine Volumensvermehrung eintritt,  
und warum ein Zug eine Verdrückung be-  
wirkt. -

Im Bezug auf <sup>Thiingkeiten</sup> ~~Sache~~ haben wir uns von  
Zusammenrückbarkeit zu reden. -  
Zusammenrückbarkeit der ~~Sache~~ besprochen,  
wie schon. -

Uebrig ist auch die Zusammenrückbarkeit  
der Thiingkeiten wichtig. -  
Man bemühte sich lange Zeit diese  
Zusammenrückbarkeit nachzuweisen  
und zu messen; es gelang aber nicht  
so leicht, denn wir haben keine ~~Sachen~~  
welche vollständig starr wären. -  
Jeder ~~Sachen~~ wird ja an der ~~Sache~~.  
Geometrische Versuche, Vorzeigen des Appa-  
rates. -

Auf der Tafel:

Zusammenrückbarkeit für 1 Atmosphäre

Wasser	$\frac{1}{20\,000}$
Quecksilber	$\frac{1}{200\,000}$
Alkohol	$\frac{1}{7000}$



Elasticitäts coefficient.

Eisen	2 000 000 Atm.	Blei	220 000 Atm.
Messing	1 000 000 ...	Seide	84 000 ..
Glas	600 000 ...	Holz	20 000 ..

Ferneres über Dested's Versuch.

Messung der Längendrückbarkeit für 1 Atm. <sup>Druck</sup>.

Messung des Volumens des H<sub>2</sub>O, und des Druckes beim Dested'schen Versuch.

Ausführung des Dested'schen Versuches.

Will man die Längendrückbarkeit genau messen, so muss man noch auf einen Umstand Rücksicht nehmen.

Wie machten wir uns die Comprimibilität, dass sich das Gefäß nicht ~~verformt~~ <sup>erweitert</sup>, oder ausweicht. Es geschieht aber in der That <sup>leichter</sup> ~~schwerer~~, da die äußere Fläche des Gefäßes grösser ist als die innere, also der Druck außen grösser ist als innen. <sup>(?)</sup> eigene Beobachtung zeigt Hochdruck nicht.

Ferner werden die Wände selbst ausweicht. <sup>Kochhoff. Vortrag</sup> Druck, denn die Wanddicke wird kleiner.

Die Längendrückbarkeit des Glases ist nun etwa  $\frac{1}{20}$  tel. der des Wassers. - Nach dieser Angabe können wir aus der Druck des Wassers direct geschätztes, oder berechnetes, aus-



Druckbarkeit des Wassers seine wirkliche  
Druckbarkeit zu berechnen.

Ähnlich könnte man auch die Druckbarkeit  
bezüglich anderer Flüssigkeiten so des Oelers  
oder Quecksilbers bestimmen.

Feste Körper können auch durch ein  
Leichtgewicht sein, wenn auf verschiedene  
Theile seiner Oberfläche verschiedene große  
und verschiedene gerichtete Drücke wirken.

Dies ist das wesentliche Unterscheidungs-  
merkmal der Flüssigkeiten.

In Folge solcher Drücke oder Lagen werden  
allerdings Gestaltsänderungen hervorgerufen -  
auch unmerklich bewirkt.

Verlängerung eines Drahtes in Folge eines  
aufgelegten Gewichtes. Der Draht  
dehnt sich aus, und reicht wenn das  
Gewicht sehr groß gewesen ist.

Die Verlängerung des Drahtes geschieht  
ganz in demselben Maße wie die eines  
Festes.

Ich hänge an diesen Draht  $\frac{1}{2}$  Pfund  
er verlängert sich, ich hänge noch 1  
Pfund auf er verlängert sich mehr.  
Es will jetzt untersucht werden wie bei der



Größe so wie bei einem Drahte die  
Verlängerung von dem Gewichte und der  
Art des Drahtes abhängt. -

Ich behauptete noch dass die Verlänge-  
rung proportional ist mit der Länge der  
Größe resp. des Drahtes. -

Dies wurde klar gemacht. -

Die Verlängerung der Längeneinheit des  
Drahtes nennt man Dilatation, welche  
ist unabhängig von der Länge sie  
ist abhängig von der Natur des Drahtes,  
von seinem Querschnitt und dem auf-  
gehängten Drahte. -

$$E = \frac{\text{Verlängerung}}{\text{Länge}} = \text{Dilatation}$$

Die Dilatation ist proportional mit dem  
aufgehängten Gewichte.  
Die Dil. ist von dem <sup>Quadrat der</sup> Querschnitts un-  
gekehrt proportional - es kommt aber  
auf die ~~Form~~ Gestalt des Querschnittes gar  
nicht an. -

$E_{\text{zug}} = \frac{1}{E_{\text{zug}}}$  auf die Härte des Querschnittes

$E_{\text{zug}} = \text{Dilat. Elast. Coeff.}$

Tapet:

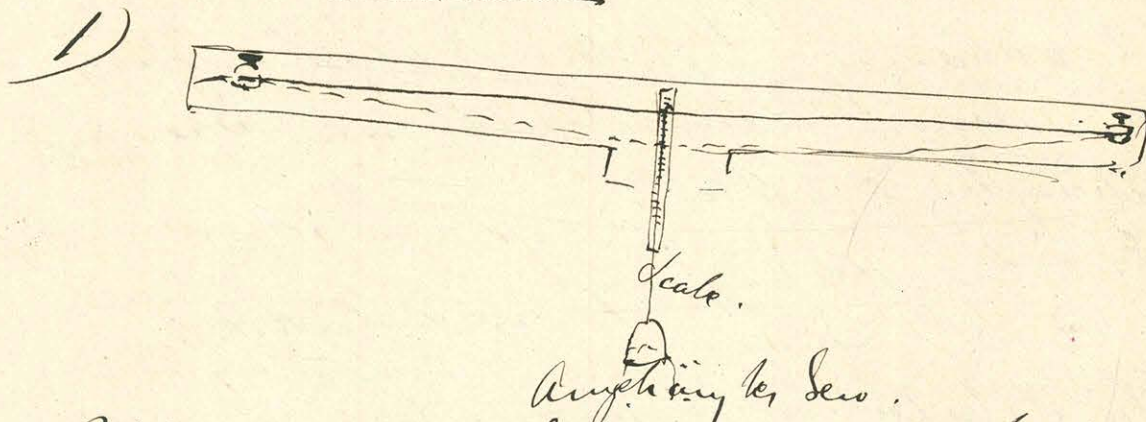


Wenn ein Eisenstab vom Querschnitt eines  
Quadratfalls mit 15 Pfund belastet  
ist, - so ist seine Zug = 1 Atm.  
also seine

$$\text{Zug} = \frac{1}{2000000}$$

Es sind sehr feine Meßinstrumente erforder-  
lich um diese Verlängerungen direct  
zu messen -

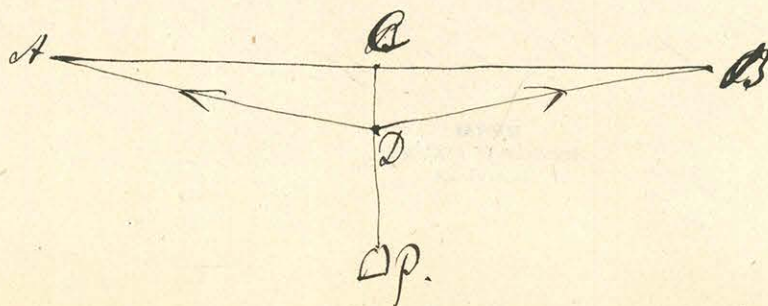
Indirecte Methoden.



Angehängtes Gew.

Wie kann man die Menge der Senkung  
in der Mitte verwerten und den Elastici-  
tätscoefficienten zu messen. -

Es sei ~~AB~~ die ursprüngliche ~~AB~~ die  
durch das Gewicht  $P$  veränderte Gestalt des  
Stabes.



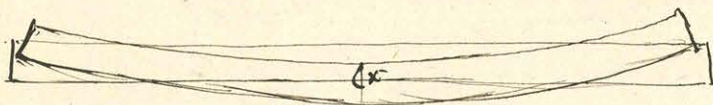


Die Kraft  $P$  und die Spannungen in der  
Richtung des Pfeils halten sich gleichge-  
wicht, hieraus werden sich die Span-  
nungen berechnen lassen. — Kennt ich  $a$ , dass  
die Verlängerung <sup>gegen</sup> ~~der~~ dieser Spannung  
entsprechend berechnen. — Man kann also  
wenn  $C_k$  und  $C_D$  gegeben sind, den  
Elasticitäts coefficienten bestimmen.  
Wäre der Draht  $AD$  in gerader Linie,  
wobei dem <sup>Druck</sup> ~~Druck~~ <sup>ausgeübt</sup> ~~ausgeübt~~ <sup>würde</sup>,  
ohne Spannung gebraucht worden; so  
wäre diese Berechnung eine ungemein  
leichte. — Da dies aber nicht der Fall  
ist so muss auch nach der ersten Span-  
nung mit in Rechnung gezogen werden.  
Die Betrachtung beschränkt sich auf einen  
dünnen Draht oder dünnen Faden, wie  
wird die Sache sein, wenn ich einen  
Stab von ansehnlicherem Durchmesser  
betrachte. —

Betrachte auch einen <sup>nähe</sup> ~~Stab~~ <sup>Stab</sup> von kleiner  
Kontinuität des Durchmessers. —  
Wie kann ich hieraus den Elast. coeff. be-  
rechnen.

Ich nehme an es sei der Querschnitt des  
Stabes ein Rechteck.





M.P.

Hierbei haben sich die oberen Theile zusammengezogen, die unteren haben sich ausgedehnt. -

Für den Fall des rechteckigen Stabes ist der Betrag des Gleichgewichts.

$$x = \frac{2 PL^3}{E a^3 b}$$

$L$  = die Entfernung der Mitte vom dem Anfangspunkte des Stabes. -

$x$  = die Entfernung der Mitte.

$\begin{matrix} a \\ \square \\ b \end{matrix}$ .  $\begin{matrix} a = \text{verticale} \\ b = \text{horizontal} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} a \\ \square \\ b \end{matrix}} \right\} \text{Seite.}$

Derselbe Stab, mit demselben Gewicht wird demnach eine sehr verschiedene Krümmung zeigen wenn es auf eine Kante, oder auf die andere gelegt ist. -

Ähnliche Methoden werden angewandt um die Axen der Ebenenbewegungen zu prüfen. . .



Bisher betrachteten wir die Längenänderung  
und die Biegung starrer Körper. —  
Nächstes wir jetzt eine andere Art ihrer  
Veränderung.

Torsion. Lageveränderung der Theilchen der-  
artig, dass die ursprünglich in gerader Linie  
gelegenen Theilchen in eine Spirale liegen.  
Torsionswinkel.

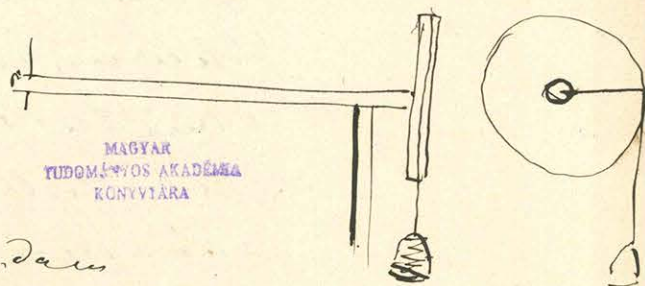
Beim Biegegewichte der Torsion, muss das  
Drehmoment der Kräfte mit welchen  
jede Theilchen in ihre Gleichgewichtslage  
zurückgezogen wird, gleich sein dem Dreh-  
moment der Kräfte mit welchen der Stab  
gedreht wird. —

Wie hängt nun das Drehmoment von  
dem Torsionswinkel und den Dimensionen  
des Stabes ab. —

Ein Stab, mit einem Rad. —

Bei einer solchen Vorrichtung  
ist das Drehmoment der  
Kräfte welche die Torsion bewirken  
leicht zu messen wir sehen so, dass  
D proportional ist mit  $\varphi$  u. s. v.  
genau es ist.

D proport. mit.  $r^4 \varphi$





oder  

$$J = r^2 \frac{L}{t} T$$

wo  $T$  = Torsions coefficient . -

Dies Definition zeigt wie der Torsionscoefficient zu finden ist, denn in der Gleichung  
 $J$  sind außer  $T$  alles messbare Größen. -

Die Bestimmung des  $T$  ist sehr bequem wenn ~~an sich~~ der Körper in der Gestalt eines  
~~Drahtes~~ dicken Stabes gegeben ist. -

Es giebt eine andere Methode  $T$  zu be-  
 stimmen, wenn der Körper ein düner  
 Draht ist. -

Dies ist ein Draht mit einem Stabe auf-  
 gehängt, unter ist ein Gewicht, ein  
 Stab mit Spiegel. -

Ich bringe ihn aus der Gleichgewichtslage  
 heraus, es entstehen Schwingungen. -  
 Diese nennt man Torsionsschwingungen. -  
 Beim Pendel reichte ich wie man aus der  
 Schwingungsdauer die Größe der Schwere  
 ermittelt. -

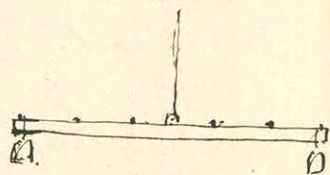
Ähnlich werden wir auch hier verfahren  
 können. -

Man muss zu diesem Zwecke das Trägheits-  
 Moment des aufgehängten Körpers ermitteln. -



Man könnte diesen im Falle eines homogenen  
Körpers theoretisch berechnen. —  
Man kann aber ihn auch experimentell  
ermitteln. —

Hier ist der Stab daran bewirkt, die  
von <sup>den</sup> anderen Faktoren auf andere ver-  
legbar sind. — Durch eine solche Ver-  
legung der Bewirkt wird das Trägheits-  
moment verkleinert.



Man kann so das Trägheitsmoment ermitteln.  
Diese Methode rührt von Savary her.  
Die Methode nach welcher die Dauer der  
Schwingung bestimmt wird rührt eben-  
falls von Savary her. —

Je größer die Anzahl der Beobachteten  
Schwingungen ist, um so genauer wird  
die Bestimmung der Schwingungsdauer sein.  
Man wird also bei gewissen Versuchen  
auch noch sehr kleine Schwingungen beobachten  
müssen, — Daher ist die schärfste Methode  
der Beobachtung notwendig. —  
Savary'sche Methode.

Ich kehre zu der Verlängerung zurück.  
Mit einer solchen ist nämlich immer eine  
Abnahme der Querschnittsdimensionen verbunden.  
Beispiel Kautschuk.



Poisson leitete einen Satz ab, dass für alle homogene Drahtförmige Körper, die Verengung ihres Radius  $\frac{1}{4}$  der <sup>oder</sup> Verlängerung ist 1. -

Cagniard Latour unterwarf diesen Satz einer experimentellen Prüfung. -

C. L. Methode.

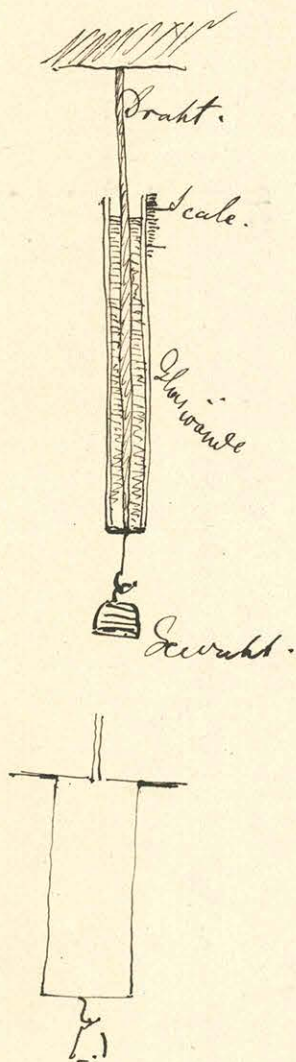
C. L. fand den Poissonschen Satz bestätigt. Die Größen aller die es hier mass waren so gross, die Annahmen welche Poisson in seine Theorie gebrauchte so unrichtig, dass trotz dieser Übereinstimmung noch keine Sicherheit diesen Untersuchungen gegeben werden konnte. -

Später unterwarf Werth <sup>den</sup> einem Gegenstand eine sorgfältigere Prüfung. - Er wandte einen röhrenförmigen Körper aben mit Capillare Röhre an.

Aine Methode.

Hierdurch fand W. ~~sein~~ Poisson Theorie nicht bestätigt - fand vielmehr dass ~~da~~ das wenn bei  $P. \frac{1}{4}$  was bei allen Körpern  $\frac{1}{4}$  sei. -

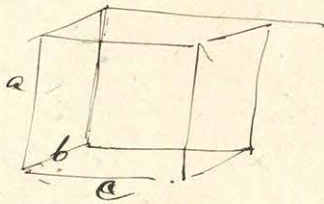
Die W. Untersuchungen waren gegen störende Einflüsse der Temperaturänderungen sehr empfindlich.





Wäre der Poisson'sche Satz richtig so  
 könnte die Theorie alle Formveränderungen  
 erklären, daher ist es so wichtig. -  
 Ich will zeigen wie in diesem Falle die Zu-  
 sammenrückbarkeit erklärt werden könnte. -  
 Nehmen wir einen Würfel, auf den von  
 allen Seiten Uniform ein Druck wirke  
 so dass der ~~W~~ des Würfels mit einer  
 gleich bleibe, -

Bei der Verdrängung wäre



$\frac{1}{E}$  die Verdrängung von  $a$

$$a = b = c$$

Nach Poisson würde dann  
 $b$  eine Verdrängung erlangen, welche  
 $= \frac{1}{4} \frac{1}{E}$  ist, oder eine Verdrängung welche  
 $= -\frac{1}{4} \frac{1}{E}$  ist; Dasselbe gilt auch für  $c$

Wir nehmen an dass ein Druck 1 wirkt  
 so wie

	$a$	$b$	$c$
$H_a$	$\frac{1}{E}$	$-\frac{1}{4} \frac{1}{E}$	$-\frac{1}{4} \frac{1}{E}$
$H_b$	$-\frac{1}{4} \frac{1}{E}$	$\frac{1}{E}$	$-\frac{1}{4} \frac{1}{E}$
$H_c$	$-\frac{1}{4} \frac{1}{E}$	$-\frac{1}{4} \frac{1}{E}$	$\frac{1}{E}$

Es wirkt aber in wirklichkeit ebenso  
 auf  $a$  als auf  $b$  als auf  $c$  ein Druck welcher  
 $= 1$  ist. -



~~Also ist der Satz~~ Also ist die Wahrsch. die  
 eine der in der Tafel in einer Reihe stehenden,  
 jede Karte zu kauft sich um  $\frac{1}{2} \frac{1}{E}$   
 Der Value der unangewandten Würfeln  
 demnach:

$$\left(1 - \frac{1}{2} \frac{1}{E}\right)^3 \text{ also}$$

Die Unausdrücklichkeit  $= 1 - \left(1 - \frac{1}{2} \frac{1}{E}\right)^3 = \frac{3}{2} \frac{1}{E} - \frac{3}{4} \frac{1}{E^2} + \frac{1}{8} \frac{1}{E^3}$   
 Da aber  $E$  sehr gross ist so folgt annähernd

$$Z = \frac{3}{2} \frac{1}{E}$$

Dieser Satz ist aber nur dann richtig wenn Pair von Satz  
 richtig ist. - Die Schwierigkeit der Unternehmung dieses  
 Trugs besteht darin, dass man nicht sicher sein  
 kann ob man ein homogenes Körper hat. -  
 Dieser ~~Einwand~~ Einwand hört also auch meinen Versuchen  
 genügt werden.

Schlussatz Methode.

Es ergab sich dass die Zahl die Poisson  $= \frac{1}{4}$ ,  
 Wertheim  $= \frac{1}{5}$  fand ~~bei~~ zwischen beiden Zahlen  
 liegt. - Neuere Versuche von Cornu dagegen  
 stehen der Poisson'schen Zahl wieder zu be-  
 tätigen.

Bei jedem festen elastischen Körper geht es  
 eine Grenze, ausserhalb welcher die Formver-  
 änderung nicht heranzugehen darf, <sup>daher</sup> ~~und nicht~~  
 der Körper auch in dem ursprünglichen Zustand  
 zurückzukehren vermag.



Auf der Tafel:

Grenze der Elastizität.

Holz	$\frac{1}{600}$	Messing	$\frac{1}{1300}$
Stahl	$\frac{1}{800}$	Eisen	$\frac{1}{1500}$

Ist der Zug übermäßig groß gewesen, so haben bei derselben die Moleküle nicht ~~neue~~ <sup>neue</sup> Stellungen eingenommen gesucht.

Um ein Bild des Vorganges zu gewinnen, betrachte man den Vorgang bei der Spirale.

Ich hänge  $\frac{1}{2}$  Pfund an und nehme das Gewicht ab, es kehrt der Draht zurück, auch wenn ich 2 Pfund anhänge.

In kleinerem Maasse dasselbe geschieht bei jedem Drahte.

Erscheinungen der ~~Veränderung~~ <sup>Veränderung</sup> der Elastizität beobachtet auch <sup>bei</sup> Platten von Selen.

Hier sehen wir die Tafel.

Die Zahlen sind nicht sehr genau. - Es ist schon an und für sich schwer zu entscheiden, ob es überhaupt eine solche Grenze giebt.

~~Eine~~ Elastischer Nachwirkung. - Seidenfäden  
Geschichte von W. Weber.



Wir wollen das Dasein eines solchen Zustandes  
annehmen. -

Manche Körper erreichen eine beträchtliche <sup>Dehnung</sup>  
Dehnung von Dehnung ist Sprödigkeit. -

Die Dehnbarkeit der Körper nimmt bei der  
Temperaturm. . . Bei sehr ~~kleinen~~ niedrigen  
Temperaturen ist auch das Eisen sehr spröde.  
Sehr wunderbar ist der Einfluss des auf  
gewisse Körper eine Temp. Erhöhung, und plötzlich  
darauf folgende Abkühlung, in Bezug auf  
ihre Sprödigkeit ausübt. -

Härtung des Stahles. -

Teilweise kann man die Sprödigkeit des  
Stahles dadurch aufheben, dass man es  
erwärmt und langsam abkühlen lässt.  
Vorgang beim Härten des Stahles. -

Dabei erscheint die Oberfläche zuerst gelb, dann  
blau, endlich violett.

Der Einfluss der Temp. Änderungen ist  
nach sehr unterschiedlich. -

Eine interessante Thatsache ist, dass bei  
der Härtung eine Ausdehnung stattfindet. -

Es tritt mit dieser Erscheinung die folgende  
neben auch nicht strenge Betrachtung <sup>erklärt</sup>.  
Der erhaltene ~~Thermost~~ Stahl wird in Kälte  
gebraucht, er kühlt sich nach der <sup>äußeren</sup>  
Schichten ab, das innere Volumen ist also



nur wenig von dem Volumen bei der  
getriebenen hohen Temperatur verschwinden -  
Dabei wird allerdings auf die That-sache der  
Oberfläche ein starker Druck auch immer aus-  
geübt. -

Dieses Verhalten ist durch folgende Erscheinung bestätigt. -  
Kupfer ist viel weicher als Stahl, -  
Doch scheidet sich nach rotirendem Kupfer-  
scheiben in eine ~~Fe~~ Stahlfeile ein -

Dehnbarkeit des Glases, man kann es mit  
einer Feile feilen, namentlich wenn es eingegraben  
Flüssigkeit darinnen verwendet wird.

Solche Flüssigkeiten sind Terpentinöl, Schmelz-  
schmelze. -

Diese Dehnbarkeit des Glases wird aufge-  
halten, wenn das Glas plötzlich plötzliches  
Abgekühlt wird. -

Glas thronen.



# Akustik.

173.

Fortpflanzung des Schalles durch die Luft -- 7. Dec. 869.  
Fortpflanzung durch Wasser. --

Manche Elasticitätserscheinungen sind  
nicht durch Auge u. Tastsinn sondern <sup>nur</sup> durch  
anderes Schörsorgan wahrnehmbar.

Es sind das die Schallercheinungen.  
Welche Rolle bei der Fortpflanzung solche  
Töne in die Luft spielt, will ich durch  
einen Versuch zeigen.

Versuch. Siehe Tindall. d. Schall. Seite 8.

Der Stempel A. vorläufig durch ein Brett  
fest gehalten damit er durch den Atem.

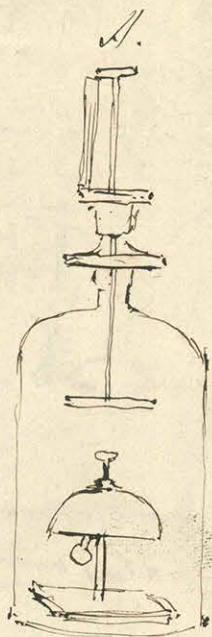
Druck nicht hinabgetrieben werde.

Der Versuch so gemacht das man die Saete  
angespannt wurde, dann angeschlagen,  
hinter Luft eingelassen, wieder angespannt,  
alle Luft eingelassen wieder angeschlagen.

Um über die Luft zu gehen braucht der  
Schall Zeit.

Wir überlegen uns hier von ein Töy Cichen  
Leben -- Ein Mensch der in der Ferne herum ist,  
Kanonenklopf.

Nähere Untersuchungen erweisen, das die Zeit  
welche vergeht ~~von~~ damit der Schall von



Versuch.



174.

Energiepunkte und beobachteter Schall pro-  
portional mit der beider Entfernung. - Bei  
der Schall fortw. mit auch gleich <sup>beobachtet</sup>  
Sechsw. fort. -

Man bestimmte die Stärke des Sechsw.  
Es ergab sich dass diese Sechsw. größer  
ist in der Richtung der Wunde, kleiner bei  
Entgegensetzung. -

In der Richtung der Wunde = Sechsw. der Wunde  
+ Fortpflanzungs Sechsw.

Es ergab sich ferner dass diese Fortpflanzungs-  
abhängig ist von der Temperatur, ~~und~~  
aber unabhängig von dem Barometerstand. -

Es ergab sich:

Die Fortpfl. Sechsw. bei 6°C. u. = 337 m/sec. in der  
dies Fortpflanzungs sechsw. ist dieselbe für  
alle Schallarten. -

Obwohl man sich überzeugen kann  
man ist in der Nähe quälender Orchester  
anhört. -

Man machte Versuche unter abnormen  
Verhältnissen. -

Es fand die Fortpflanzungs sechsw. der Schall in  
Röhren ~~und~~ gleich der in <sup>der</sup> freien Luft. -



175  
Nicht machte. Dabei auch die Bemerkung  
dass sich der Schall <sup>in Röhren</sup> fortgas nicht ~~schwach~~ <sup>schwache</sup> ~~schwach~~,  
Diese ~~be~~ bekannte Aussprache (siehe

Hieraus ergibt sich dass die Schwächung  
des Schalles eine Folge ihrer Ausbreitung in  
Hörröhren, Helmholtz.

Unter den gewöhnlichen Umständen & die  
Luft durch welche die Leitung des Schalles  
vor sich geht.

Ähnliches, theils aber auch andere  
Körper. z. B. Wasser. Versuch.

Darum, dass der Schall in der Luft um  
ihre Fortpflanzung Zeit bedarf ist es  
sehr ~~er~~ <sup>zu folgen</sup> ~~schon~~ <sup>aus</sup> ~~zu~~

nehmen, dass es auch in der Fort-  
pflanzung in Wasser Zeit braucht.

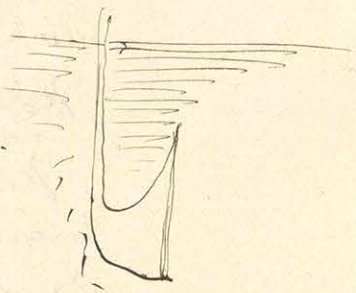
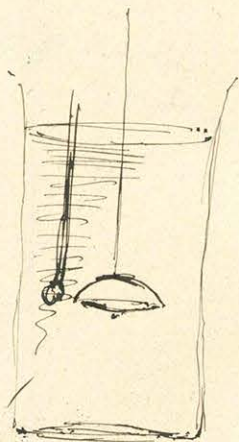
Versuch von Colladon u. Sturm.

Beschreibung des Versuchs.

Der Sturm Colladon'sche Hörröhre.

Aus diesen Versuchen ergibt sich.

Bei ? Temp. = 1435 Meter.



Leitung des Schalles in festen Körpern. - Der Schall ~~ist~~ <sup>ist</sup> eine Bewegung. - Dies wurde bewiesen dadurch dass  
die Fortpl. des Schalles nach denselben Gesetze geschieht  
als die Fortpl. einer Bewegung in einem elastischen Medium.  
Bewegung der Fortpl. ~~des~~ <sup>der</sup> Bewegung.



Apparate: Ein Spiral Draht gegen 3 Meter lang.  
 1. Resonanz Kasten aus weichen Holz, worauf  
 zwei Seiten ausgepannt werden können; also  
 ein Meter lang. - Hier eine Stange aus weichen  
 Holz welche in den nächsten Kasten führt. -  
 Ein Stimmgabel.

Auch feste Körper leiten den Schall, worüber sie  
 sich schon gewiss überzeugt haben. -  
 Trotzdem will ich einen Versuch anstellen. -  
 Der Ton einer Stimmgabel ist sehr schwach,  
 stelle ich aber dies auf einen solchen Kasten  
 aus Nuten, so wird der Ton viel stärker. -  
 Ein solchen Kasten nennt man Resonanz-  
 Kasten. -

Ich werde über Resonanz noch mehrere  
 zu sagen haben, bis erkläre ich die Versuch  
 nachweisen zu können das Schall auch  
 durch lange dünne feste Körper geleitet wird. -  
Versuch mit der Spieluhr.

Von der Leitung durch Holzstäbe ist erregt  
 man sich auch wenn man <sup>mit einem Ende</sup> einen Stab auf  
 die Stirn ~~drückt~~ <sup>drückt</sup>, und sein anderes Ende  
 an den Resonanzboden eines Klaviers. -  
 Drückt man eine Uhr auf die Stirn so  
 hört man ihr Ticken auch dann, wenn  
 man die Ohren verstopft. -



Auch in festen Körper braucht der Schall  
Zeit um sich fortzupflanzen. -

Versuche von Biot in der Röhrenleitung.  
Jeder Schall wurde doppelt gehört.

Dat man den Zeitunterschied zwischen  
beiden Hören. - Hieraus ergab sich, dass

die Fortpl. Geschw. d. Schalles in Luft ausen = 3528 m/sec  
ist. -

Wie fanden T. d. in Lft 337

" Wasser 1435

" Fe. 2528

Bei jetzt lies ich die Frage ganz ausser Acht  
worin der Schall eigentlich besteht?

Wesentlich findet man bei jeder Schalle-  
rung eine Bewegung aus. -

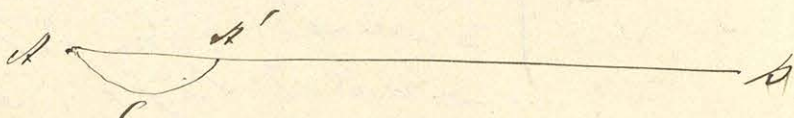
Es liegt also die Vermuthung sehr nahe  
dass der Schall eine Bewegung sei.

Ist dies so ist alles sehr leicht für die  
Fortpl. d. Schalles gültig was die Mechanik  
über die Fortpl. der Bewegung lehrt.

Was lehrt aber die Mech.?

Setzen wir uns ein Längs Stk. AB gepackt,  
und denken dann

eine Ausbiegung  
Aa' hervorgebracht.



Es wird dann diese Ausbiegung vermehrt



178  
des Elasticsität fortplanen —  
Es werde die Art dieser Fortpfl. bestans Ordnung  
darstellen, den ich die Gestalt der Seile in  
verschieden Augenblicken zeichne.

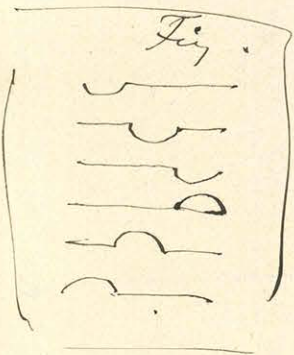
Man sagt in diesem Falle es <sup>läuft</sup> ~~verläuft~~  
an dem Seile eine Welle fort. — Sie pflanzt  
sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit  
fort. — Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist  
etc. nur von der Art der Seile abhängig nicht  
aber von der Gestalt der Welle.

Ich will die noch exp. zeigen. Dabei  
werden sie noch eine Erscheinung wahrnehmen,  
wäre der Seil  $\infty$  lang so würde ich die Er-  
scheinung gar beschreiben haben; sie ist aber  
in einem zweiten Punkte befestigt; es springt  
sich was geschieht an diesem Reflexionspunkte  
mit der Welle?

Diese Frage entscheide ich auch durch eine  
Zeichnung. Fig. Man sagt die Welle wird  
umgekehrt reflektiert.

Hier mache ich den Versuch.

Es werden sehen dass die Wellen bald an  
Intensität abnehmen, und unregelmäßig  
werden. Es ist dies eine Folge der Reibung  
in der Luft, der Reibung innerhalb der Seile,  
Versuch.





Die Bewegung jeder Theilchen ist <sup>179</sup> dahin  
beschränkt zu sein, dass  
Jedes Punkt zweimal mit einmal hin einmal  
zurück in einer Richtung, welche auf die Längs-  
richtung der Seile normal steht. —

Durch ein solches Seil kann sich nicht eine  
andere Bewegung fortplandern. —

Hätte ich das Seil in seiner Längsrichtung  
angegriffen, so würde die Seile der Seile  
in keine Weise verändert worden sein.

Es würde sich in diesem Falle eine longitudi-  
nale Welle fortgepflanzt haben. —

Auch longitudinale Wellen werden reflectirt.  
Das ist die Fortpl. d. Seile eine longitudinale  
Welle verschieden von der einer transversalen  
Welle. —

Es ist leicht einzusehen, dass eine longitudinale  
Welle auch durch Flüssigkeiten fortgepflanzt  
kann; sie thut es gerade so wie es eine  
solche Welle im Seile thut. —

Fortpl. d. Seile, auch von der Natur der  
Theile abhängig. —

In Flüssigkeiten sind nur longitudinale  
Wellen, in festen Körpern longitudinale  
u. transversale Wellen möglich.



1840  
Bisher betrachteten wir Fälle wo der  
verbreitete Medium cylindrisch begrenzt  
war, dabei entstand keine Krümmung der  
Wellen. — Wenn aber die Erschütterung in  
einem nach allen Richtungen weit ausge-  
breiteten Medium geschieht, so ~~offenbar~~  
müssen die Wellen auf Kugelform. —  
Auch hier longit. u. transverse Wellen,  
wie wir denselben hier zu definieren. —  
Was ist ein Strahl?

Die ~~longitudinalen~~ <sup>longitudinalen</sup> Fortpfl. ist hier gerade dieselbe  
als bei der Fortpfl. in cylindrischen Körpern.  
Ein Unterschied ist aber da, nämlich  
dass, dass die Wellen mit ~~der~~ <sup>der</sup> Abflachung  
und was ist diese Abflachung umgekehrt  
proportional mit der Entfernung von dem  
Erschütterungsmittelpunkte. —

Ähnlich ist es bei longitudinalen Wellen.  
In diesem Aus einander zeigen über  
die Fortpfl. einer Bewegung finden wir  
manche Abweichungen der Hypothese  
dass Schall eine Bewegung sei.

Wie haben ja schon beobachtet dass  
die verschiedenen Arten der Schalle mit



gleicher Benutzbarkeit festgesetzt  
werden; wie wenn der seine Intensität  
in Röhren nicht, in dem freien Medium  
sich abnimmt, wenn man sich von  
der Quelle entfernt. --

Ihre bisherige Bestätigung Ihrer Hypothese  
wird aber da <sup>in bestehen</sup> ~~da durch~~ ~~aus~~ ~~meisten~~ ~~bestätigt~~  
~~werden~~, wenn die Fortpl. Geschw.  
des Schalles mit der theoretisch berechneten  
Fortpl. Geschw. einer Bewegung in dem <sup>bestehen</sup> ~~bestehen~~  
dem Medium übereinstimmen würde. --  
Für alle Flüssigkeiten ergibt sich aus  
der Fortpl. Geschw. einer Bewegung v. aus  
folgender Gleichung

$$v^2 = \frac{1}{\rho \cdot \chi}$$

Wo  $\chi$  die Dichtigkeit,  $\rho$  die zusammen-  
drückbarkeit bedeutet. --

Bei gasförmigen Körpern ist nach  
in Folge der Mariotte'schen Gesetze

$$\chi = \frac{1}{p}$$

Wo  $p$  den Druck bedeutet. --



Daher ist. z. B. für die Luft.

$$v^2 = \frac{P}{D}$$

Nun Mariotte ist aber  $\frac{P}{D}$  eine Constante  
also ist die Fortpl. Gesch. der Schwingung  
unabhängig von dem Barometerstand;  
das stimmt mit der Angabe über Schall  
überein. — Des Verhältniss ist aber  
von der Temp. abhängig, das sehen  
wir auch beim Schalle. —  
Es ergibt.

$$v^2 = \frac{P}{D} =$$

Für  $6^\circ \text{C.}$   $v = 283^m$  in 1 Sec.

Das stimmt mit der Fortpl. Gesch. der Schwingung überein.

— Wir bezogen aber bei unserer Betrachtung  
einen Fehler; wir nahmen nämlich an  
dass die Temp. constant sei, — Das ist aber  
nicht der Fall, denn wir veranlassen durch  
die Zusammenrückung der Säule eine  
Erwärmung. —

Es wird es hier auch geschehen,  
diejenigen Theile welche sich zusammen-  
rücken erwärmen sich, diejenigen etc.



Es kann also hier nicht gelten

$$\lambda = \frac{1}{p}$$

Wir werden in der Uebersicht lernen  
von ~~Wach~~ Wach:

$$\lambda = \frac{1}{p \cdot 1,42}$$

Zu sehen ist, - und mit Berücksich-  
tigung dessen Erhalten wir:

$$v = 285 \sqrt{1,42}$$

D. i. Dann eine schöne Uebereinstimmung  
mit der exp. gefundenen Zahl der Fort-  
pflanzungsgeschwindigkeit der Schalle.

Der ähnlichen theoretischen Betrachtungen  
über die Fortpfl. Geschw. Diese Bewegung  
in Wasser erzeugt wie die Fortpfl. Geschw.  
in Dampfbällen = 1424 Meter.

Die Fortpflanzungsgeschw. compr. Wellen  
in festen Körpern erzeugt wie aus der St.

$$v^2 = \frac{E}{D}$$

Wo E der Elasticitätscoeff. ; D die Dichtigkeit  
ist. - So ergab sich für Wasser  $v = 2980$  m.  
Die Abweichung kann sich dadurch erklären,  
dass bei Riab's Versuchen, nicht ein derselbe  
Körper, mehrere mit klein einander glö'tete  
Röhren da waren



184.

9 Dec. Reflektion u. Brechung der Schaller. <sup>Transversale</sup> Schwingungen  
eines Hints. (das selbst war abweichend, abgesehen von  
den Do. Knopf's Heft)

Seine Übereinstimmung zwischen Fortpfl. der Schallerzeit.

Wellen u. Fortpfl. d. Schaller bewirkt aus in  
der Annahme, dass Schaller eine Bewegung sei.

Eine Schallerwelle wird nun in ungleichen  
Räume sich unendlich fortsetzen, sie wird aber  
reflektiert wenn sie auf Hindernisse stößt.

(Echo, Wiederschall). - In einem Zimmer ~~es~~ stößt die

Wiederschall nicht weit da Wiederschall u. d. d. d.  
Ton mehrmals gleichzeitig im Ohr gelanget,  
nicht so aber in größeren Sälen.

Befindet sich in einer Entfernung von 500' eine reflektierende  
Wand so wird man das Echo eines gesprochenen  
Schaller nach 1 Sekunde hören.

Man kann in einer Sekunde 5 Silben aussprechen,  
und so mit wird ein solches Echo 5-sylbig sein.

Ein mehrfaches Echo kann entweder durch 2  
reflektierende Wände hervorgebracht werden,  
deren eine vor der andern hinter dem Beobachter  
steht; oder es kann ein solches entstehen,  
dadurch dass man den Wiederschall von einer Reihe

hintereinander stehender Wände reflektiert  
empfangt. - Echo beim Donner.

Echo im Raume der Wälder.

Und die Wand eine vollkommen glatte so  
entsteht gerichtet die Refl. in einer ganz be-



185

stimmten Richtung. — Diese Richtg. ist durch den Reflexionsgesetz bestimmt, welche für Schall u. für Licht dasselbe ist, nämlich, dass der Reflexionswinkel = dem Einfallswinkel ist.

Definitionen. —  
 Intensität der gehörten refl. Schalles. — Das Ohr vernimmt den Ton gerade so als ob wenn der tönende Körper um ebenso viel lauter der refl. Wand wäre als es vor demselben ist. —

Das Ohr ist ein sehr unvollständiges Instru-  
 ment, wenn es sich um Richtg. von Richtigen handelt; daher konnte auch das Reflexions-  
 gesetz nur auf Umwegen bewiesen werden. —  
 Einrichtung des Paraboloid-Spiegels. —  
 Auseinandersetzung dieser Methode. Bestä-  
 tigung des Gesetzes hierdurch. —

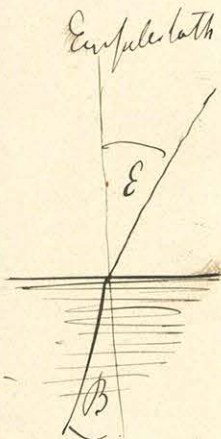
Parabolische Spiegel aus Pyrex. —  
 Ähnlich wie Licht wird auch der Schall beim Übergang aus einem Mittel in ein anderes gebrochen. — Der Satz  $E$ , welcher die Richtg. des gebrochenen Strahles bestimmt ist durch die Gleichung:

$$\frac{\sin E}{\sin B} = \text{const.}$$

gegeben, wo  $E$  den Einfall,  $B$  den Brechungswinkel bedeutet. Definitionen. —

Const = Verhältnis des Fortsch. Geschw. —

Das Brechen wird wieder auf einem Umwege geführt. —



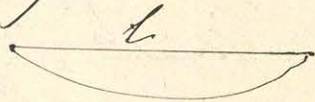






187.  
Dass also die Saite mit der ihr ungetheilten  
Intensität ewig fortzuschwingen können, weil die  
leicht die Schwingungsdauer verschiedener Arten von  
Bewegungen berechnen.

Die einfachste Schwingungsart einer Saite ist die, dass sie  
als ganze schwingt, so schwingt daher so dass in der  
Mitte gehörige Punkte gleichzeitig durch die Stöße  
passiren. Die Schwingungsdauer ist  
hier  $T = \frac{l}{v}$



Ist ein Knoten in der Mitte so schwingt die Saite in  
Hälften schwingen, also wie früher das Ganze.

$$T_1 = \frac{1}{2} \frac{l}{v} = \frac{1}{2} T$$



und zwei Knoten da

$$T_2 = \frac{1}{3} \frac{l}{v} = \frac{1}{3} T$$

Überhaupt verhalten sich die Schwingungsdauern  
der Schwingungen, welche eine Saite ausfüllen kann,  
wie  $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4} : \text{etc}$

Zwei verschieden gerichtete Schwingungen setzen sich  
zusammen. Prinzip der Coexistenz kleiner Bewe-  
gungen: „Wenn ein elastisches Mittel durch 2  
Kräfte gleichzeitig in Bewegung gesetzt ist, so werden  
die Beweg. neben einander bestehen, ohne sich zu  
modificiren.“

Unterscheidung der Fälle wo die beiden zusammenwirkenden  
Beweg. gleich oder verschieden sind. Obere ausgefüllte  
Formen, die Beweg. der Theilchen eine gerade Linie  
ein Kreislinie oder eine elliptische ist.



1888

10 Dec. Transversalschwingungen der Saiten - Longitudinalschwingungen von Saiten u. Hölzern. Torsionsschwingungen. Schwingungen der Flüssigkeiten. Pfeifen.

Versuche mit dem Bimal Drahtschwingungen  
verschiedener Länge hervorgebracht. Geradlinige,  
kreisförmige Schwingungen.

Ein Knoten, Zwei Knoten.

Genau so, wie die Saite kann eine gespannte  
Saite mit Schwingen, wenn sie gezinkt oder gestrichelt  
wird.

Eine solche Saite kann auch als ganzes schwingen;  
oder es können in ihm ein Knoten, zwei Knoten etc.  
bestehen. Dabei müssen die Schwingenzahlen  
verhalten wie 1:2:3

Versuch mit einem Monochord. Papiermischel.

— Monochord 1 Meter lang, mit Scale versehen,  
welche in Millimetern geteilt ist.

Als Versuch: Schwingungen mit 2 Knoten, mit 3 Knoten gereicht.

Jede mal gab die Saite einen Ton, und zwar  
waren diese Töne verschieden hoch.

Den Ton, welcher erzeugt wird, wenn die Saite  
als ganzes schwingt, nennt man Grundton.

Die anderen Töne nennt man  $\frac{1}{2}$  Flageoletöne.  
Der erste Flageoletton ist die Octave des Grundtones,  
der 2te Flageoletton die Quarte des ersten Th. Tönen



1. St. Ton.

189.

Die Schwingenzahl des ~~ersten~~ <sup>ersten</sup> Tons verhält sich zu der des ~~ersten~~ <sup>ersten</sup> Tons wie 1:2.

Folgende Tafel giebt das Verhalten des Schwingenzahlen musikalischer Intervalle:

c-c Einklang 1:1  
c-d Sekunde 8:9  
etc. etc.

c-c Octave 1:2

Mit Hilfe dieser Monochord wird man die Schwingenzahlen aller Töne ermitteln können, wenn man den Einklang zweier Töne richtig zu beobachten weis.

So z. B. die Schwingenzahlen eines Stimmungsgabel zu bestimmen, - man setzt die Stimmungsgabel in Schwingung, und sucht die Länge der Saite bei welcher sie gereift od. gestrichen werden derselben Höhe giebt.

Wir sehen das  $T = \frac{L}{v}$

Es fragt sich wie groß ist v. - v ist gegeben durch:

$$v^2 = \frac{P}{\rho D}$$

X

$\rho$  = Querschnitt,  $D$  = Dichtigkeit,  $P$  = Spannung  
 $v$  = Fortpflanzungsgeschw. einer transversalen Welle.  
Nichtwindiger weise ist also  $v$  unabhängig von dem Elastizitätscoefficienten.



Die Schwingenzahl ist demnach proportional mit des Quadraturwert der Spannung. -

Wenn die Spannung zuerst 4 Pfund war, dann 9 Pfund gesetzt wird - so wird die Quinte der zuerst angegebenen Töne höher sein. -

Versuch. Eine Basssaite gespannt zuerst mit 4 Pfund mit 9 Pfund. -

Bisher betrachteten wir nur transversale Töne. -

Longitudinale Töne der Saiten sind indes sehr unrein. -

Die Series longitudinaler Töne sind dieselben, als die der transversalen. Auch da geblä, Sordtöne u. Flageoletöne. -

Die Schwingungsdauer der longitudinalen Sordtöne ist auch.

$$T = \frac{l}{v}$$

Ich gab schon an dass die Fortsch. genau einer langit. Welle in cylindrischen Körpern gegeben ist durch.

$$v^2 = \frac{E}{D}$$

$E$  = Elast. Coeff.  $D$  = Dichtigkeit.

Die Fortsch. solcher longitudinalen Wellen ist demnach unabhängig von dem Durchmesser und der Spannung der Saite. -



Wird also der Querschnitt genau genug gewählt,  
 und die Spannung = Null geworden; so haben  
 wir einen freien, oder an <sup>einem</sup> beider Ende befestigten  
 Stab. —

Die Schwingungsdauer der Töne des Stabes frei über die Schwingungsdauer.  
 gehen kaum und genau dieselben, als die des Stäbe, verhältnissmäßig  
 welche er gehen würde, wenn er an beiden 2) an einem Ende befestigt  
 Enden fest wäre. — Die Knoten sind <sup>2) an beiden Enden befestigt</sup> in der  
 Mitte des Stabes. —

Freier Stab.

befestigt Tonders. Höhe

Versuch mit einer Glasröhre  
 Stab an einem Ende befestigt.

Nach einer Art der Töne. — Torsionswelle —  
 Die Torsionsbew. dieses Art der Wellen ist  
 von der der longitudinalen Wellen verschieden;  
 er hängt in derselben Weise von dem Tor-  
 sionscoefficienten ab, wie die Torsionsbew.  
 longitudinalen Wellen von dem E. Coeff abhängt. —

Versuch mit einer Glasröhre. —

Könnte man Torsionstöne klar darstellen,  
 so wäre es möglich das Verhältnis zwischen  
 longitudinalen u. Torsionswellen leicht  
 bestimmen.

Nicht nur feste Körper auch Flüssigkeiten  
 können leicht in longitudinalen Schwingungen ver-  
 setzt werden. —



192.

Versuch.



Das hier einbleibende die Luft schwingt und dann diese Schwingung den Ton hervorruft; sochen wie dadurch das der Ton ungeschwächt bleibt wenn ich die Flasche mit meiner Hand aufsetze. So wie die Schwingungen getrichener Saiten durch die Reibung an der Saite hervorgerufen werden, so werden auch die Schwingungen in dieser Flasche durch Reibung hervorgerufen. Die Höhe des Tones hängt von dem Volumen nicht aber von der Gestalt des schwingenden Luftmassen ab. Versuch in der Kanne, also gezogen. -  
Sondhaus stellte folgende Formel auf:

$$n = 52400 \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{v}}$$

$n$  = Schwingungsdauer,  $f$  = Fläche der Öffnung  
 $v$  = Volumen.

Diese Formel stellte Sondhaus empirisch auf.

Helmholtz stellte später folgende theoretische Formel auf

$$n = 56174 \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{v}}$$

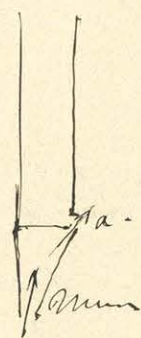
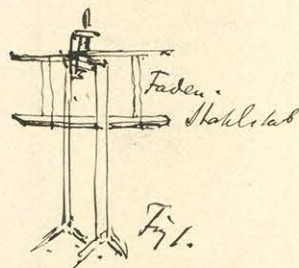
Es ist eine Seltenheit, das empirische



theoretische Formeln so übereinstimmend.  
Pfeifen Röhrenvorrichtung in welche die Luft  
 in Schwingungen gesetzt werden kann.  
 Eine Pfeife schwingt so wie ein fester Stab.  
 Wir hatten bei den Schwingungen des Stabes  
 3 Fälle 1) beide Enden befestigt 2) 1 Ende  
 befestigt 3) beide Enden frei.  
 Dem ersten dieser Fälle entspricht bei der  
 Pfeife nichts. - dem 2. ein gedacktes,  
 dem 3) eine offene Pfeife.

Die Töne der Pfeifen. Bestimmung des Fortsch. Index  $n$ . des  
 des Schalles in Flüchtigkeiten, aus der Tonhöhe der  
 mit der Flügigkeit angeblasenen Pfeife. - Trans-  
 versaltöne elastischer Stäbe - Chladni'sche Figuren.

Apparate: Stahlstab ~~gegen~~ ungefährt 80 Cent. lang,  
 3 Cent. breit, 1 Cent. hoch. auf ein Holzgestell auf-  
 gehängt (Fig. 1.) - Apparat zur Demonstration des  
 Vorganges bei der erzeugenden Klänge samt Dreh-  
 kanten querel. - ~~Appar~~ Vorrichtungen zu den Chladni-  
 schen Klangfiguren. 2 gleich hohen Ton gebende  
 Orgelpfeifen, deren eine offen, die andere ge-  
 dackt. etc.



Die Einrichtung bei den Pfeifen ist folgende:  
 Bei a wird die Luft in Schwingungen gesetzt,  
 Die Dauer dieser Schwingungen ist proportional  
 mit der Länge des Luftstromes.  
 Grundton, Flageoletttöne.



194.  
Bei den rächlichen Orgelpfeifen sind die Köpfe  
so eingerichtet, dass es schwer ist andere Töne  
als den Grundton hervorzurufen.

Je schlanker eine Pfeife, um so leichter ist  
es die Flageoletttöne hervorzurufen.

Versucht eine schlanke Pfeife, davon, den Grundton,  
die Octave, und die Quinte diese angeblasene.  
Es ist nun für eine offene Pfeife:

$$T = \frac{L}{v}$$

Ist die Pfeife gedreht so verhalten sich die Fla-  
geoletttöne zum Grundton wie 2:3:5:7.

Der Grundton einer gedrehten Pfeife ist die tiefste  
Octave des Tones den eine gleiche ~~lange~~  
offene Pfeife geben würde.

Sehen wir hier zwei Pfeifen. eine gedrehte eine  
offene, die letztere ist 2mal so lang wie erste;  
ihre Grundtöne sind gleich.

Die St.  $T = \frac{L}{v}$

gibt eine Definition der Schwingenzahl.

Es ist  $T = \frac{1 \text{ Fuss}}{1024'} = \bar{c}$

Wir sehen also:

Länge der offenen Pfeife	1'	2'	4'	8'	16'	32'
Schwingenzahl	1024	512	256	128	64	32
Noten	$\bar{c}$	$\bar{c}$	$c$	$C$	$C$	$C$

Der letzte Ton ist der tiefste mundklingend



braunbrowe. Leicht und Reiz ruhten zu be-  
halten wenn wir bemerkten, dass lange do Pfeife,  
und Schwingzahl bei diesem letzten Töne gleich  
sind. - Es ist die nur ein <sup>richtig</sup> sofern es lautet  
ist  $v = 1024$  annehmen da der  $v = 22.32$ .

— Sie sehen wie hieraus mit ein Methode er-  
giebt die Fortpflanzungsgeschw. der Schalle  
in verschiedenen Sätzen zu bestimmen.

Ich führte schon an, dass die Fortpflanzungsgeschw.  
in verschiedenen Sätzen, sich ungekehrt wie die  
Quadratwurzel aus deren Quers. Sev. ver-  
halten.

Daher ist die Schwingzahl  $\propto \sqrt{v}$  mit dem  
Quadratwurzel aus dem Quers. Sev. - Somit  
kann man eine Pfeife mit H angeblasen,  
ein höheres Ton geben, als mit Luft an-  
geblasen geht.

Versuch Eine kleine Pfeife erst mit Luft an-  
geblasen, dann mit H welche in einer  
Hohlkugel enthalten. - Daraus ausge-  
presst wurde. -

— Solche Versuche sind auch für tropfende  
Flüssigkeiten durchgeführt - so besonders  
(oder nur) für H<sub>2</sub>O. -

Die angegebenen Pfeifen waren doch anders  
eingesichtet sein.



Eine Luftsäule kann auch nach auf andere  
Weise in Schwingungen gerathen, als eben durch  
Pfeifen vorsichtig.

Klingende Flamme, auch chemische Harmonica  
genannt. Versuch

- Ich will jetzt über Transversaltöne experi-  
mentiren.

Bei dem Grundton eines frei schwingenden Stabes  
bilden sich zwei Knoten.

Das Dazwischen und den Ort des Knoten kann  
man hier dadurch beobachten, dass wenn  
Sand auf den Stab streut.

Versuch mit dem groben oben beschriebenen  
Stabe. - Der Stab ist in zwei Knoten be-  
festigt. - Hier sehen der Sand häuft sich  
da an.

Jetzt verändere ich die Aufhängemethode,  
um erhalten einen anderen Ton. Hier sehen  
der Sand häuft sich in 3 Knoten an.

Ich will einen noch höheren Ton her-  
rufen - der Sandhäufung geschieht  
in 4 Knoten.

Die Verhältnisse des Schwingens  
des Tones sind

Knotenzahl

2

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

3

4

Laure . . . 9 : 25 : 49.



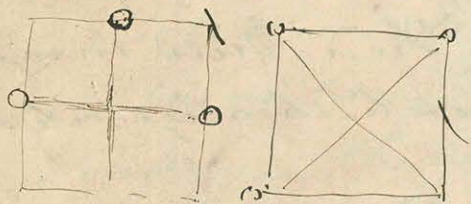
$\lambda$  ist fester

$T$  prop. mit  $\frac{\text{Länge}^2}{\text{Dicke}}$

Näher will ich hierauf nicht eingehen. —  
Stängeln sind auch eine Art elastischer  
Stäbe. — Bei den Stängeln ist es nicht ~~zu~~ <sup>zu</sup> leicht,  
dass der Verlängerungsstab nicht vollkommen,  
mit dem Knotenpunkt desselben zusammen-  
fällt, es muss ja dieser Stab noch in Schwingen  
versetzt werden, um diese auf Resonanzstäben  
übertragen zu können. —

Auch Platten können in Schwingen ver-  
setzt werden. —

Knotenlinien, Chladni'sche Figuren.



Quint.

Octave.

Terminer über Klangfiguren. Hervorrufen von 13 Dec.

Tönenspindung durch nach aufeinander folgende Klänge.  
Töne: — Bestimmung des Schwingungsdauer eines  
tönenden Körpers mit Hilfe eines Töne.  
Schwebungen —

Apparate: Apparat zur Best. des Schwingungsdauer  
eines Stängels, (optische Methode), etc.



198

Die in der Wirklichkeit erzeugten Chladni-  
schen Figuren sind nicht so genau; in der Mitte  
sind Verzerrungen in folgender Weise

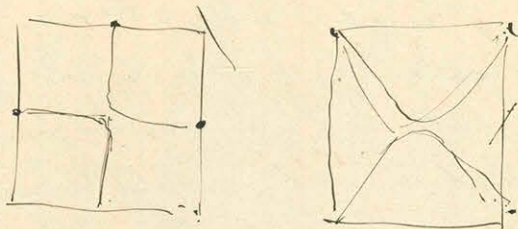
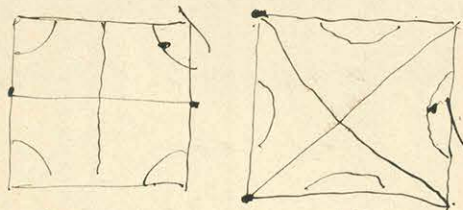


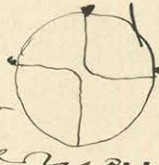
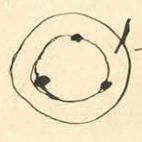
Figure bei einem anderen Oberton:




Die kleinsten Sprünge bringen Unregelmäßig-  
keiten hervor. -

Ich will jetzt noch Knotenlinien auf Kreis-  
scheiben hervorheben. - Diese sind insofern  
interessant, als sie theoretisch abgeleitet  
werden können. -

Die Theorie ruht nämlich auf dem, dass die  
Knotenlinien aus ~~den~~ concentrischen Kreisen  
u. senkrechten <sup>aufeinander stehenden</sup> Durchmesser bestehen  
müssen.

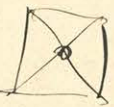
Hier gebe ich den Grundton der Platte an  
in sehr folgendes.  - Auch hier ist in  
der Mitte die Ver-  -  
nicht erklärbar. -  
Ein höherer Ton der Platte:



Die Figur konnte Kirchhoff nicht in Hand bringen.  
 Eine andere Figur ist  Veranschaulicht.

K. berechnete theoretisch die Durchmesser  
 dieses Kantenkreises. - Strehlke bestimmte  
 dieselben experimentell. - Ferner von den Punkten  
 wo ~~der~~ Durchmesser u. Kreise sich schneiden  
 stimmten diese beobachteten Durchmesser mit  
 den theoretischen vollkommen überein. -  
 Um so auffallender ist das die Erfolge  
 zeigt das diese Werte genauere Durch-  
 schnittspunkte da sind wie in der Theorie  
 erfordert. - Wodurch mag das liegen?  
 Es scheint das dies davon herrührt  
 das die Abweichung von den Schnittpunkten  
 davon herrühren, dass die Platte nach  
 verschiedenen Richtungen <sup>aus</sup> verformt ist  
 gehalten. . . . . +)

Quadratische Platte.  
 Savart. Bismuthplatte.

Ich will noch einige Bemerkungen hervor-  
 heben. - Quadratische Platten, eingeklemmt  
 in der Mitte. - Die Figur  mit Sand  
 hervorheben; - Dann wurde Lycopodium  
 darauf geträufelt, es häufte sich das L.  
 da an wo die Schwünge der Bismuth  
 waren. - Daraus kleine Wölcher.  
 Die Häufchen zeigen eine deutliche Bewegung.



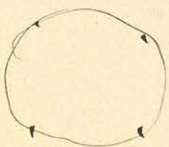
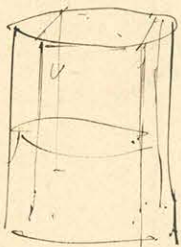
Der eigenthümliche Beweg. der Körper-  
gruppen rührt von der Luft her. -

Faraday hat gezeigt dass unter der Glocke  
der Luftpumpe mit der Lithopodium  
gerade so in den Knotenlinien sich ver-  
sammelt als es der Sand thut. -

Die Atm. Luft. muss durch die Beweg.  
der Platte in lebhaftes Beweg. versetzt  
werden, es müssen also Luftströme  
sich bilden, welche von den Knotenlinien  
des Mittels zu gehen, und welche das  
feinste Lithopodiumpulver mitreißend  
vermischen. -

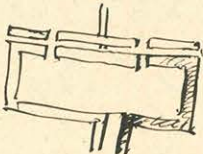
Eine Glocke kann als eine gekrümmte  
Platte angesehen werden. - Auch ein  
solches Glas kann als Glocke betrachtet  
werden. - Auch hier sind Knotenlinien.  
Die Oöten solcher Knotenlinien können durch  
angewandtes Wasser sichtbar gemacht  
werden. -

An der Oberfläche sind kleine Wellen, nur  
an denjenigen Punkten nicht wo die  
Knotenlinien der Glocke durchgehen. -  
Es will nach <sup>einer Art</sup> Anzeichen wie das Gefühl  
des Tones hervorgerufen werden kann. -  
Es kann drei geschehen wenn man Ton  
so stark aufeinander folgen lässt dass





Man die einzelnen Större nicht mehr  
 unterscheiden kann. - So kann mit  
 einem Zahnrad, welches an ein Kartenblatt  
 anschlägt ein scharfer Ton hervorgerufen  
 werden. - Kirschhoff zeigte ein solches  
 Zahnrad u. Kartenblatt führte aber den  
 Versuch nicht aus // Abhängigkeit der  
 Tonhöhe hierbei von der Rotations-  
 geschwindigkeit. -  
 Hervorrufen von Tönen durch nach  
 aufeinander folgende Större. -  
 Seebeck'sche Större. - Papyrendeckel betriebe  
 mit Lücken starre Större. - Erklärung...  
 Större von Laguard betriebe. -  
 Zeichen derselben - dem Vorsetzen.

Wird gezeichnet:  Wenn n die Anzahl.  
 der Umdrehungen in  
 der Sekunde bedeutet.  
 und m die Anzahl der Lücken so ist die

Schwingenzahl =  $nm$ .

Es wird in dieser Appare & Lochreihen mit  
 16, 12, 10 und 8 ~~Stk~~ Öffnungen. -  
 Es giebt das einen vollen Vor- Auswurf. -  
 Fernere Einrichtung dazu, dass der Luftstrom  
 gleichfalls die Drehung der Scheibe bewirkt.  
Versuch.



202

Zählwerk, zur Bestimmung der Rotations-  
geschwindigkeit. Beschreibung.

Man kann eine mit Zählwerk versehene  
Spreng- zur Bestimmung der Schwingungszahl  
verschiedener Töne bestimmen. -

Man steigert die Rotationsgeschwindigkeit  
so lange bis der Ton mit dem zu bestimm-  
enden Ton in Einklang ist.

~~Dies~~. Das Vortheil über den Einklang kann  
durch das Musikkalender empfängliche Ohr  
auch gefühlt werden - durch die Beobach-  
tung der Schwebungen.

Hier haben wir zwei Schwingungen, die  
genau gestimmt sind - ich streiche beide  
an - sie sind in Einklang.

Daher bringe an die eine Schwingung ein  
kleines weiches Klümpchen, streiche beide  
an, sie hören wie der Ton nach aufeinander-  
folgend stark u. schwach klingen; sie hören  
die Schwebungen.

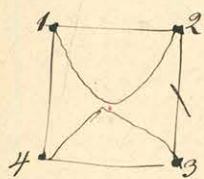
Die ~~ersten~~ näheren Näherungen. -

+) Dieses lehrt, dass die Glaspalle sich in der-  
tischen Hin- und Herbewegung nach verschiedenen Richtungen  
hin verschieden verhält wird durch Folgendes  
bestätigt. -

Die Theorie ist es zwar bis jetzt nicht gelungen,  
die Knotenlinien auf quadratischen Platten



~~nachher~~ ab zu leiten; doch können wir es  
erwarten, dass sie auch hier Schlüsselpunkte  
erfordern würde. — Die Abweichung von  
der Theorie würde also die Veranschaulichung;  
und man kann ~~die~~ experimentell zeigen,  
dass diese Veranschaulichung immer nach einer gewissen  
Richtung hin geschieht. —



Dies habe ich an Glasplatte mit  
Sand bestreut, es bildet sich eine Figur  
wie sie die Zeichnung zeigt, wenn ich  
die Platte in 1 u. 2 halbe u. ~~in~~  
an der Seite (23) streiche. — Die Ebenen  
dieser der parabola ähnlichen Linien laufen  
in die Eckpunkte 1 u. 2, dann in 4 u. 3.

an. —

Ich wische die Platte ab, bestreue sie neu-  
ding mit Sand, halte sie aber jetzt an  
den Ecken 2, 3 und 4 u. Hebe sie etwa  
in (14) — Die <sup>Strecken</sup> Ebenen ~~von~~ der Parabel  
werden also auch jetzt wie früher in die  
Ecken 1 u. 2 resp. 3 u. 4 auslaufen. —  
Also ist gewiss eine prädominierende Richtung da. —  
Dass aber eine solche prädominierende Richtung  
die fragliche Veranschaulichung hervorrufen könnte  
~~lassen~~ zeigen die Versuche von Savart über  
Klumpfiguren auf Glasplatten. —



204  
Savart machte Untersuchungen mit Stahl-  
platten, welche mit verschiedenen Neigungen  
gegen die Kristallographische Achse geneigt  
waren. Die Abweichungen des fraglichen  
Tons waren verschieden groß bei verschie-  
den geneigt geschliffenen Platten.

14 Dec. Schwebungen. - Methoden zur Bestimmung des Schwin-  
gungsdauer 1) Akustische 2) graphische 3) Optische Meth.  
Klangfarbe. - Erklärung der Dissonanz

Ich bekenne mich zu dem Urmeth über Schwe-  
bungen. - Die Schwebungen folgen und so rücken  
auf einander je näher so verschieden beide Töne  
sind, was ich zeigen kann indem ich ein zweites,  
drittes, viertes Stückchen anhebe. -

Erklärung der Erscheinung. - Prinzip der Coexistenz  
kleiner Bewegungen; Vergleich mit <sup>zwei</sup> ~~den~~ <sup>nach</sup> ~~den~~  
gleich schwingenden Pendeln. -  
Verändert man nun die Höhe des einen  
Vergleich stehenden Tones der Lyrene so, dass  
nur die Schwebungen auftreten; dann immer  
~~langsamer~~ <sup>langsamer</sup> ~~und kleiner~~ <sup>und kleiner</sup> werdend endlich verschwinden;  
dann hat man beide Töne in Ein Klang. -  
- Kurze dieser <sup>akustischen</sup> Methode hat man noch zwei  
andere Methoden und die Schwingungsdauer zu  
bestimmen. - Es sind das 1) die graphische  
2) die optische Methode der Bestimmung der Schwin-  
gungsdauer. - Beschreibung dieser graphischen



Methode. — Zuerst für eine gleichmäßig fortbe-  
 wegte Platte; dann für einen Zylinder, endlich  
 für eine an dem Pendel befestigte Platte.  
 Bei dem gedrehten Zylinder ist es schwer die  
 Umdrehungsgeschwindigkeit richtig genau zu  
 bestimmen; viel genauer ist demnach die  
 Methode mit dem Pendel. — Beschreibung dieser  
 Methode. —

Optische Methode von Lissajous. — Beschreibung  
 u. ausführliche Erklärung des Apparates.

Objektive Darstellung dieser Figuren. — 2 Federn  
~~zusammen~~ verbunden deren eine in vertikaler,  
 die andere in horizontaler Richtung schwingen  
 kann. — Die Feder in schwerem Fe. Klotz ein-  
 gedraht. — An dem Ende ein ~~kleiner~~ Hartstift,  
 welcher in eine flach gestaltete nichtleuchtende  
 Glasplatte hinein reicht, und darin gleitend  
 wird, und sichtbar wird. Die beiden  
 Federn haben nahezu dasselbe Schwingensystem.  
 Die Figuren sind 1000. —

Die Erscheinung wird complicirter wenn die Schwin-  
 gungsdauer <sup>nicht</sup> nahezu wie 1:2 verhalten. —

Dann sind die Curven. (8) —

Auch dies kann ich durch meinen Apparat  
 Fig 1. zeigen, wenn ich die Federn a paarweise  
 verbinde. —

Sind die ~~zwei~~ beiden Federn genau gleichgetimmt

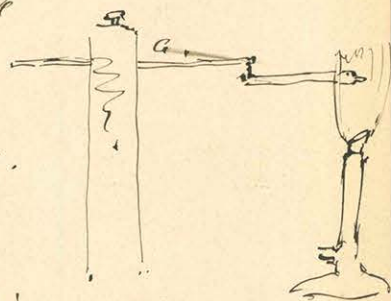



Fig 1.

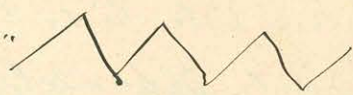


206



So sieht man constant ein in dieselbe Figur.  
Hier haben wir einen Störzylinder auf welcher  
kurven gezeichnet sind, welche eben in der  
Form erscheinen, wenn ich den Zylinder drehen  
wie diese Figuren.

Die graphisch dargestellte ~~kurve~~ Schwingungs-  
form der Stimmgabel ist = 

Die man kann diese graphische Methode  
auch für schwingende Saiten anwenden.  
Die Saite ist aber dann 

Hier durch ist eine Verschiedenartigkeit der  
Töne nachgewiesen; welche das Ohr  
als Klangfarbe unterscheidet.

Es läßt sich aber der Unterschied zwischen  
dem Ton einer Stimmgabel u. dem Tone einer

Saite noch auf andere Weise auffassen.

Wir wissen das die Saite mit dem Grund-  
tone gleichzeitig noch Obertöne schwingen läßt  
wie wegen also der Ton der Saite ist ein  
zusammengesetzter Ton. — Anders ist es mit

der Stimmgabel; auch das geübteste Ohr  
kann in ihrem Tone keine Obertöne unterscheiden.

Ich kehre nochmals zu den Schwingungen  
zurück und wie es Helmholtz gethan eine  
Erklärung der Consonanz und Dissonanz  
zu geben.

Man wußte schon seit Pythagoras daß



207.  
Dass die Consonanz erfordert dass die Töne <sup>Abhängigkeit</sup> der  
~~die~~ die sich wie die Zahlen verhalten. -  
Helmholtz ~~wie man~~ nach dem stellt nun  
die Behauptung auf dass nahe ~~zusammen~~  
die Dissonanz auf ~~unterschied~~ Schwebungen  
besteht. - Solche Schwebungen kommen nur  
nur zwischen sehr nahe an einander stehende  
Töne - Da aber <sup>fast</sup> alle tönende Körper auch  
Obertöne enthalten, so klärt es sich auf, dass  
dass auch diese Schwebungen also Dissonanz  
helfen können. -

Erklärung der Dissonanz durch Helmholtz, Combinationstöne, 15 Dec.  
Personen, mit Schwingen. - Krimm's Methode des Best.  
des Fortsch. d. Sch. in Gasen. - Interferenz der Schalle.

Nach der Erklärungsweise der Dissonanz  
die ich gab könnte man erwarten dass einfache  
Töne, welche ein ungerades mathematisches  
Interval bilden (z. B. c. d. ein Terz. eine  
Quinte bilden), keine Schwebungen also  
keine Dissonanz geben können. - Allerdings  
sind die Schwebungen bei solchen viel schwächer  
wie bei ungeraden Tönen, sie sind aber  
doch da. - Die Erklärung liefern die Combina-  
tionstöne. - <sup>Töne</sup> Erklärung von Tartini. -

Erklärung von Helmholtz. - H. sagt dass  
die Ursache der Combinationstöne eine Folge  
davon ist, dass das Pr. des loes. klären  
beweisen nicht streng gültig ist. -



208

Aus der Theorie ohne Princ. d. Cox. kl. Bew.  
folgt, dass wenn die Schwingungszahl <sup>Fall des</sup>  
eines Tones  $n$  ist, die des andern  $m$ , dass  
der Combinationston die Schwingungszahl  $= n+m$   
hat. - Dies ist ein Differenzton. -

Die Theorie spricht auch noch dass es auch  
Töne mit der Schwingungszahl  $= n+m$  gebe.  
Solche Töne nennt man Summentöne. -

Diese waren die einfachen Combinationstöne  
1<sup>te</sup> Ordnung. - Es gibt auch solche 2<sup>te</sup>, 3<sup>te</sup>,  
etc. Ordnung. - Da ja der 1<sup>te</sup> Comb. Ton mit  
jedem der Primären Töne zusammengefasst  
wird ein Combinationston giebt. -

Wir sehen jetzt wie auch hier die Schwebungen  
zur Erklärung der Resonanz dienen können. -

+ Ich werde mich zu der Lehre der Resonanz.  
Unterscheidung der Verstärkung der Töne durch  
Resonanz, und durch Mitschwingen.

Als Beispiele der Resonanz: Stimmgabel, in  
der Luft, an der Tapet, an der Wand oder eines  
Resonanzkasten angelegt. -

Mitschwingen eines Laits. - Bestimmung des  
Schwingens eines Stimmgabel durch Mit-  
schwingen der Monochorde. - Versuch.

Nicht nur feste Körper können durch Mitschwin-  
gen eines Ton verstärkt, es können es auch  
begrenzte Luftmassen. Versuch. -



Stingabel an eine große Fe. Mansche -

festigt, giebt sehr schwebenden Ton.

Dies ist eine Glasglocke unten mit 110

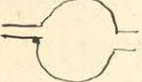
abgegrenzt, schwingt die Stimmgabel

über der Münze so ist der Ton

viel stärker. - Die Luftmasse ist

auf deren Ton abgestimmt. -

Hierauf gründet sich das Helmholtzsche

Resonator. 

Mit einem solchen können auch die höheren

Obertöne deutlich unterschieden werden. -

Jede Muschel ist auch ein solcher Resonator.

Man hört diejenigen Töne, welche die Muschel

angebläuen geben würde; der werden nämlich

aus dem atmosphärischen Geräusche ausgesondert. -

Auf Resonanz beruht die Kundt'sche Methode

des Best. v. Fortpl. Geschw. d. Schalles in Gasen. -



Es soll zwischen den Stempeln

a und b ein Gasmasse ein-

geschlossenen werden. - Der

Stempel b soll mit einem Tönen des Körpers

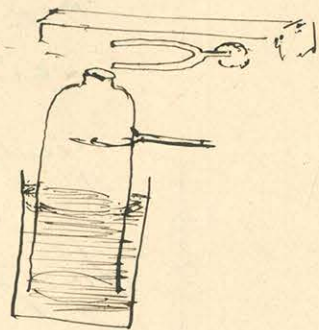
mitschwingen. - Kann man die Gasmasse

dem angegebenen Tone entsprechend so gestellt

in Stempeln, welche <sup>nach</sup> der Theorie eine

best. Intensität ausbreiten müssten.

Es v. B. mit einem Glasstabe in Berührung

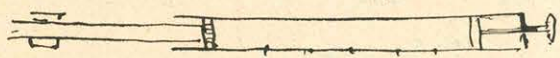




210

Welcher Ton gibt, Töne giebt. - Schwingt man  
 die Saart mit, indem sein Enden sehr  
 eine seine Obertöne angegeben wird, so müssen  
 sein Schwingungen durch Lycopodium Pulver  
 nachgewiesen u. bestimmt werden können.  
 Bei Bestimmung von Verhältnisszahlen der  
 Töne. Schwingungen verschiedener Töne ist es  
 nicht nothwendig die Schwingungszahl der  
 Töne der Glasröhre zu ermitteln.

Der Versuch angestellt: -



Durch die Schwingungen der Luft  
 können nicht nur Lycopodium-  
 Körper, sondern auch noch viel

stärkere grössere Körper in Schwingungen  
 versetzt werden. -

Versuch Hier haben wir eine Stimmgabel mit Resonanz-  
 kasten von König - hier ist eine weite gleich  
 hoch gestimmte. -

Ich will beide Gabeln in erheblicher Ent-  
 fernung auf dem Tische aufstellen - die Stim-  
 mungen ihres Resonanzkastens sind einander  
 angepasst. - Ich setze die eine in Schwingen  
 Dämpfe sie, und so können die anderen  
 Schwingen.

Damit diese Schwingung mitgetheilt wird

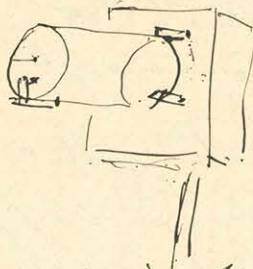




Müssen die Kurvenzweige beider Sabeln  
genau denselben sein, —  
Leichter ist es kleinere Körper in Mischung  
zu versetzen — so namentlich Membranen. —

Versuch Apparat.

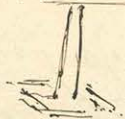
Beschreibung \*) nahe am Ende.



Ich will nach einem Versuch in Bezug auf Resonanz  
ausführen, und verwende zu diesem Zwecke die  
Klangscheibe aus.

Diese Scheibe ist

für den Grundton



der Scheibe abgestimmt. — Ich halte ihn  
darüber der Ton klingt stärker, es geschieht  
dies aber nicht gleich je nach der Stelle  
der Scheibe. — Tritt ich die Scheibe aus-  
serum so tritt eine Erscheinung auf ähnlich  
den der Schwebungen. (xx)

Hier haben wir einen Fall der Interferenz-  
erscheinungen. Dieselben beruhen auf der P.  
d. Quers. u. d. Bewegung. —

Solche Interferenz der Schallwellen findet auch  
bei den Stimmgabeln statt. (xx+)

Auch beim Lichte findet Interferenz statt, der  
werde ich mehr davon sprechen.

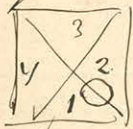




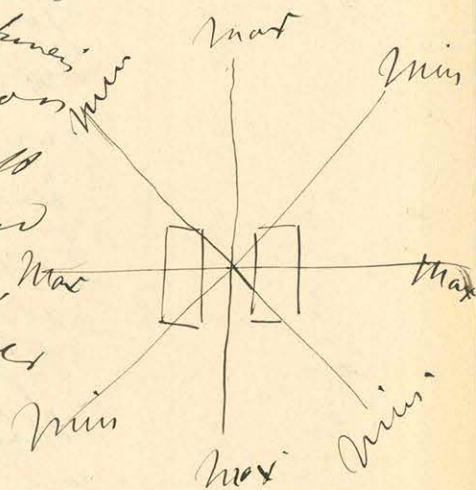


Apparates auch zur Bestimmung der Schwingungs-  
dauer in der Luft erzeugte Töne benutzt wer-  
den können.

++) Der Ton wird stärker wenn die Glocke  
über dem Mittelpunkt der durch Knotenlinien  
begrenzten Dreiecke steht; er verschwindet  
fast wenn er über den Knotenlinien steht.  
Die Erklärung hierfür beruht darin; dass die  
Luftmoleküle in 1 u 2 in entgegengesetzter  
Phase schwingen; wenn also  
die Glocke über den Knoten bzw. zwischen  
ihnen gehalten wird; dann die in  
ihm enthaltene Luft theil weise mit gleicher  
Kraft nach einer u. nach der anderen  
Richtung gezogen werden. In Folge des Br.  
o. C. Kl. B. heben sich diese auf.



xxx) Beide Enden eines Stängels theilen ihre  
Bewegungen der Luft mit; die Bewegungen  
sind in der Luft nicht in gerader Linie  
es ist & beruht einfluss von der ihrtheilung  
in verschiedenen Richtungen verschieden groß  
sind. Es stelle die Bewegung den Querschnitt  
des Endes eines Stängels dar, dann sind  
in den Richtungen Max Max Maxima,  
in den Richtungen Min Min Minima der  
Tonschläge.





Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man, wie tönende Stängchen, Nicht an der Oberkante herumdreht. -

Wenn allen kann ich die Richtigkeit der behaupteten Behauptungen beweisen; wenn ich diese Stängchen nun mündel des Resonanzapparates 1. Bringe, <sup>und da herumdreht</sup> wodurch ~~der~~ sein Ton stark gemindert wird; um auch von dem Entferntesten unter Ihnen deutlich gehört zu werden.

16 Dec. Nachbahrung der Vocale. - Menschliche Sprachorgan. Schließorgan. - Wärmelehre. Messen der Temperatur, Thermometer. -

Besonders interessant ist es die Ursache der Klangfarbe der Vocale zu erforschen. -

Werk gelang es Willis Vocal laute künstlich hervorzurufen. -

Er reichte ihnen eines Zahnrad mit Feder,

Durch welches Töne hervorgerufen werden können. Die Tonhöhe ist unabhängig von der Länge d. i. von dem Bruchteil der Feder; ~~mit~~ aber mit dieser verändert sich aber die Klangfarbe. -

Er fand dann bei verschiedenen Längen der Feder verschiedenen Vocale hervorgehoben worden. So fand Willis, dass immer gewisse Töne in den Vocallauten enthalten sind, so:

i	é	A	o
≡	≡	≡	≡
g	d	a	c







186

Cap

Modification des Tones des Stimmbandes durch  
die Mundhöhle. - Verschiedene Gestalten dieses  
ne. Tönen entstehen durch Resonanz  
u. bringen so verschiedene Stimmgemische,  
d. h. verschiedene Vocale hervor.  
Beschreibung des Gehörorgans. -



## Wärmelehre.

Der Begriff der Wärme grade Temperatur wird unmittelbar aus durch das Gefühl gegeben. -

Dabei lehrt uns unser Gefühl ein wenig erst wichtige Eigenschaft der Wärme auch schon kennen, ~~das~~ ist, dass, der Ausgleich ~~der~~ der Wärme grade der Kälte u. d. Wärme Körper bei ihrer Berührung. -

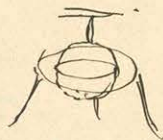
Unser Gefühl giebt uns aber kein Maass der Temperatur. -

Um solche Temp. Änderungen <sup>zu</sup> messen könnte man verschiedene ~~u~~ Veränderungen an Eigenschaften des Körpers bemerken. -

Wir bemerken aber besonders eine Eigenschaft des Körpers der Temp. Vermehrung <sup>bei</sup> ist, ihre Ausdehnung ~~aus~~ durch Wärme. -

Versuch. Metallkugel in einen Ring passend. Auf die Weise die Ausdehnung zu bestimmen wäre nicht praktisch.

Einfacher kann dies an einer Flüss. beobachtet werden, welche in einer Gefässe bestehender Gestalt enthalten ist. Würde man hier eine Scale anbringen, so könnte man bes-





148

ob das Gefäß in 2 verschiedenen Augenblicken  
dieselbe Temp. hat oder nicht. — Man wird  
auch das entscheiden können ob eine andere  
Fl. oder ein anderer Körper in zwei ver-  
schiedenen Augenblicken dieselbe Temp. hat  
oder nicht. —

Wollen wir ein solches Apparat, den man  
Thermometer nennt construiren, so müssen  
wir zuerst eine passende Wahl in Bezug  
auf die Flüssigkeit antreffen. —

Man wählte bei Ende des vorigen Jalt.  
ausschließlich Alcohol an, dasselbe hat  
aber die schlechte Eigenschaft dass es klar  
wird. — Hg. hat diese Eigenschaft  
nicht, aus diesem Grunde ist es das  
zu Therm. passende Gefäß. —

17 Dec. Verfertigung richtiger Thermometer. — Calibri-  
rung der Thermometer. —

In der Tafel:

Lineare Ausdehnung zwischen  
0 und 100 Grad.

$$\text{Platin} = \frac{1}{1100}$$

$$\text{Glas} = \frac{1}{1200}$$

$$\text{Eisen} = \frac{1}{700}$$

$$\text{Cu} = \frac{1}{580}$$

$$\text{Messing} = \frac{1}{500}$$

$$\text{Zink} = \frac{1}{350}$$

Ausdehnung zwischen 0 u. 1000

$$\text{Hg.} = \frac{1}{55,56}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{1}{24}$$

$$\text{Alcohol} = \frac{1}{9}$$



Thermometer mit  
Quecksilber, Alcohol, Wasser.

0	—	0	—	0
25	—	21	—	5
50	—	43	—	26
75	—	70	—	57
100	—	100.	—	100

— Verfertigung eines Thermometers. Füllen der Röhre mit Hg. —

Vortheilen nützlich um einzutreten von Luft zu verhüten; so möglich ist es auch nöthig das Vortheilen so zu bewirken, dass der Raum über dem Hg. luftlos sei. Unbedingst nothwendig ist das nicht, nur ist dann, wenn Luft darüber steht der Gefährde, dass diese Luft den Hg. Faden in 2 Theile trennt, welche dann schwer oder gar nicht zu vereinigen sind. —

Methode den Raum luftlos zu halten.

Man hat nun das Rohr bengt und auch eine Scale an, so hat man einen Apparat mit dem die Temp. gemessen werden kann. Man kann aber nicht nur mit einem sondern mit mehreren Thermometern Messungen anstellen; und daher ist es nothwendig gewisse feste Punkte der Scale für alle Thermometer fest zu



Stellen. — Die feste Punkte sind der Schmelz- u. der  
 Siedepunkt. — Bestimmung derselben. — Bestimmung  
 des Wärmes ist nicht die Temp. der siedenden Masse  
 sondern der darüber stehenden Dämpfe Bestim-  
 mung des Siedepunktes Apparat vorbereitet. —  
 Drei Arten der Scale.

Es ist nicht notwendig dass man bei  
 der Bestimmung des Siedepunktes in der den  
 anderen Par. Stand abwartet — man kann  
 die Par. ablesen. — Versuche zeigen dass  
 der Ueberschuss der Par. und 1 mm die Änderung  
 des Siedepunktes um  $0^{\circ} 087^{\circ} \text{C}$ . <sup>be trägt</sup> verändert.


Es ist notwendig die Thermometer zu corrigieren.  
 Haupttrickheit wegen der elastischen Nachwirkung  
 der Gläser. — Die Kugel reicht sich vollständig aus-  
 nachlang zusammen. — Man nimmt als Angabe  
 des nicht typen Thermometers die Angaben eines überall  
 gleich cylindrischen Thermometers an. — Man  
 muss ~~so~~ solche Röhren ausmessen. — Wie  
 macht man das. — Versuch. —

Richtige Temperaturablesungen bei calibrierten Thermo-  
 metern. Calibration von Thermometern.



Prüfung durch Vergleich mit Normalthermometern.  
 Beide Thermometer in eine große Kanne.

Richtiger Vorrichtung. Notwendigkeit der selben.  
 Max. Min. Thermometer. Vorrichtungen. — Dünner Mann

Therm. zur Best. der Temp. der Luft auf Island. —  
 Schwachs Thermometer. 



Thermische Ausdehnung tropfbarer Flüssigk. 18<sup>ten</sup> Dec.  
Thermische Ausdehnung fester Körper. Compensation  
vorrichtungen an Uhren. -

Trotz der grossen Unbequemlichkeit des  
Gewichtsthermometers haben sie einen grossen  
Vorzug, nämlich dass ihre Empfind-  
lichkeit beliebig gesteigert werden kann. -

Bei beiden Arten von Thermometern wird die  
Ausdehnung des Quicksilbers als Mass benützt. -  
Die Grösse der Ausdehnung ist mit der Temp.  
proportional gesetzt. -

Diese Ausdehnung kann mit einem Gewicht-  
thermometer bestimmt werden kann. - Ein  
certain Gew. Therm. welches 1000 Gr. Hg ent-  
hält tritt bei der Erwärmung auf 100° die  
Hg Menge von 18 Grad aus. -

~~Man erhält~~ die scheinbare Ausdehnung,  
d. i. die Ausdehnung wie sich ihr Werth  
bei dem Exp- ohne Berücksichtigung der Glasau-  
sdehnung genommen wird. -

Bestimmungsmethode der wahren Ausdehnung  
nach Regnault. -

Ist einmal die wahre Ausdehnung des Hg be-  
stimmt, so wird auch die Ausdehnung des Glas-  
gefässes, durch Bestimmung der scheinbaren  
Ausdehnung bestimmt werden können. -



Verschiedene Flüssigkeiten dehnen sich von Null bis 100 Grad sehr verschieden aus, aber auch innerhalb dieses Intervalls ~~sich~~ <sup>ist</sup> der Gang der Ausdehnung verschieden. -  
 sehen sie die Tafel - sie sehen dass ~~sich~~ besonders das Wasser abweicht. - Es ist dies eine Folge der speziellen Eigenschaft des Wassers ein Maximum der Dichtigkeit zu haben. -

Thermische Ausdehnung fester Körper. -  
 Dabei Unterscheidung der linearen u. cubischen Ausdehnung. -

Homogene, kristallinische Mittel dehnen sich, sich selbst ähnelnd, gleichmäßig aus. -

Die lineare Ausdehnung sei  $= \epsilon$

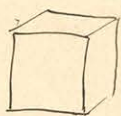
$$\text{Die Cubische} = (1 + \epsilon)^3 - 1 = 3\epsilon + 3\epsilon^2 + \epsilon^3$$

Es ist  $\epsilon$  sehr klein. Daher kann man sagen

4      Räumliche Ausdehnung  $= 3\epsilon$

Bei Körpern dieser parallelen Gestalten zu sehen sind, ist die Best. der linearen Ausdehnung die Bestimmung der räumlichen Ausdehnung vor zu ziehen.

Interessant in diesem Hinsicht sind die Ver-





Anke von Laplace u. Lavoisier. -

Tafel. -

Kann der Körper nicht in die Form  
ein Stäbchen gebracht werden, so wird  
man zweckmäßig die räumliche Ausdehnung  
messen.

Bei ~~isotropen~~ <sup>isotropen</sup> ~~anisotropen~~ Körpern ist  
es nur hienur der Ausdehnung genügt, und  
weder die Längs- oder die räumliche  
Ausdehnung zu messen. Beide sind  
ja mit einer einfachen Relation ver-  
bunden - Anders ist es bei anisotropen  
Körpern, bei welchen man von  
einer Längs- Ausdehnung schlecht hin gar  
nicht sprechen kann - Da ja die Ausdehnung  
verschiedenen Richtungen verschieden  
groß ist.

Bei Kalkspath ist die Ausdehnung

|| Axe

⊥ Axe

Bei dieser Ausdehnung erleiden die Winkel +  
Änderungen, die Ausdehnung zu messen; so bei der  
Best. der spec. Gew., beim Gebrauch der Scale.



224.  
Die Kenntnis der Ausdehnung ist auch  
bei der genauen Zeitmessung durch  
Wasser von Wichtigkeit.

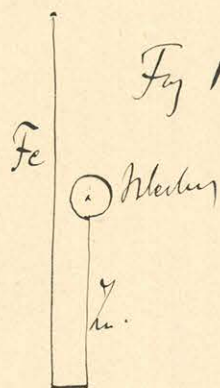


Fig 1 Pendeluhren... Compensationspendeln.  
Erste Art Fig 1.

Diese Art wäre bei einfachen Pendeln, wo  
also bei dieser Vorrichtung die Länge des  
Pendels nahe 2 Meter werden würde,  
sehr unbequem.

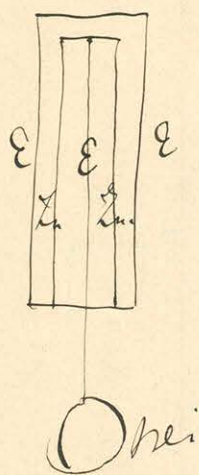


Fig 2 Andere Art Fig 2. Ein solches Pendel nennt  
man Rostpendel.

Nach einer Art der Comp. Pendel sind die Fig 3.



Hg dehnt sich aus, hebt dadurch  
den Schwerpunkt. Eisen Draht ver-  
längert, - beide Compensieren  
sich.

Compensationsvorrichtung  
bei Chronometern.



Ich sprach bereits von der Strahlung der Wärme,  
ich bewies auch durch den Versuch mit dem  
Parabolischen Spiegel dass Wärme strahlen  
reflectirt werden.

Ich zeigte dann auch dass sich Glas so  
gegen Wärmestrahlen verhält, wie  
undurchsichtige Körper den Lichtstrahlen  
gegenüber.

Athermane und diathermane Körper.  
Versuch mit einem Parabolischen Hohl-  
spiegel von  $1\frac{1}{2}$  Fuss Durchmesser.

Papier wurde durch Sonnenstrahlen  
in Brennpunkte angezündet sowohl dann  
als die Fenster offen waren, als dann wenn  
dieselben geschlossen waren.

Glas ist also für Sonnenstrahlen diatherman,  
abwohl wir sahen dass es für Kohlenfeuer-  
strahlen ~~diatherman~~ atherman ist.

Hieraus folgt auch dass Wärmestrahlen  
qualitativ von einander unterschieden  
sind. Qualitativer Unterschied in der



Diathermanität ähnlich der Durchsichtigkeit  
des Körpers für verschieden farbige Lichtstrahlen.  
Auch für irdische Wärmequellen sind  
verschiedene Quellen <sup>qualit.</sup> verschieden diatherman.  
Versuche.

Melloni-Apparat. vor der Thermobatterie  
ein Metallcylinder -

Metalle sind so wie vollständig undurch-  
sichtig so auch vollständig atherman-  
Versuche.



1) Wärmequelle eine Platinspirale mit  
spiritus flamm gefüllt.

~~Lage~~ Ruhe Lage an der Scale

Ausschlag des Nadel:

Wärmequelle	beim Durchg. durch Glas	beim Durchg. durch Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Platte	
Gleich. Plat. Spirale	55	21	48
2.	33	5	30



Die 2. Wärmequelle war ein mächtig erwärmtes  
Kupferblech, es wurde weiter von Thermobatterie  
gebrannt. Damit in Folge der grossen strahlenden  
Fläche der Ausschlag nicht zu gross wird.  
Hierbei in 2 Pa. aber nach viel mehr



Aetherman als kein erster Versuch. —  
Haupt ist das Glas um so diather-  
maner je höher die Temp., der Wärmequellen  
ist. —

Das Stein Salz ist fast vollständig diather-  
man für alle Wärmearten. — Nur für  
Wärmestrahlen die erwiderte Stein Salz  
platten austreten ist das Stein Salz aus  
zu sehr klein und Grad diatherman. —

Auch aethermane Körper verhalten  
sich sowohl qualitativ als quantitativ  
verschieden. —

Schwarze Körper verhalten sich gegen Wärme  
ebenso wie gegen Lichtstrahlen. —

Die meisten andern Körper absorbieren dagegen  
verschieden viel von verschiedenen Wärmearten. —

Inskwürdig ist das Verhalten des schwarzen Körpers  
der absorbieren fast alle unsichtbaren Strahlen  
werfen aber die sichtbaren zurück. —

Beschreibung der Versuche von Melloni über  
diesen Gegenstand. —

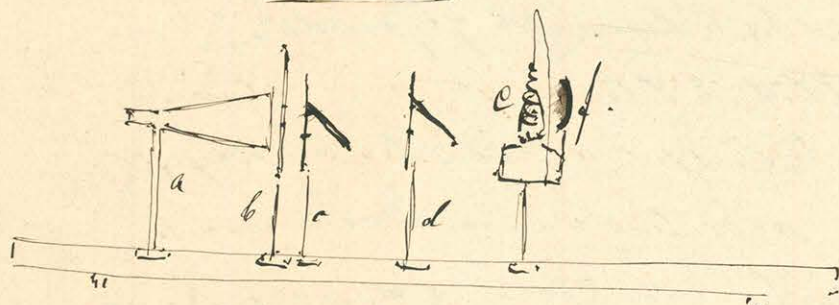
Für Wärmestrahlen <sup>steht</sup> ~~steht~~ von einem Leuchtenden  
Wärmequellen gehen sind weisse u. schwarze  
Körper gleich aetherman. —



Brechung der Wärmestrahlen.  
 Beobachtung: 1) Temperaturerhöhung <sup>im Brennpunkte</sup> einer Glasklinse, als Beweis für die Brechung der sichtbaren Strahlen. 2) Temperaturerhöhung in dem Brennpunkte einer Salzklinse ~~für~~ als Beweis für die Brechung unsichtbarer Strahlen.

Versuche wurden nicht gemacht.  
 Polarisation der Wärmestrahlen.  
 Polarisierende Vorrichtung ~~zwei~~ Gläser-  
 sätze.

Versuch.



a Thermometer, b Metallstange, c, d Gläser-  
 c glühende Pt. Spirale f. Hohlspiegel zur Con-  
 centration der Wärmestrahlen.

Bei parallelen Gläsern des Versuches = 32  
 Bei senkrechten „ „ „ „ = 7

Näher werden wir auf die Polarisation  
 eingehen bei den Lichtstrahlen.



Es kann nachgewiesen werden dass  
auch Wärmestrahlen eine Doppelbrechung  
erleiden wenn sie durch einen Krystall  
hindurchgehen welcher nicht dem nega-  
tiven System angehört. -

Interferenz der Wärmestrahlen. -  
Die Analogie zwischen Wärmestrahlen  
und Lichtstrahlen zeigt dass zwischen  
ihnen kein weiterer Unterschied  
stattefindet als der ~~das~~ welcher zwis-  
chen verschiedenen Lichtstrahlen statt-  
findet. -

Lichtstrahlen sind demnach diejenigen Wärme-  
strahlen, welche für unser Auge sichtbar  
sind. -

Ich will hier noch meinen Satz angeben  
und aussprechen. -

Um ihn aussprechen müssen wir folgende  
Vorstellung machen. -

Denken wir uns einen Körper C umgeben  
von einer Hülle welche dieselbe Temperatur  
wie C hat. - Denken dann in C kein Kör-  
per vor, so wird seine Temperatur stets  
dieselbe bleiben. - Er strahlt aber fort-



während Wärme aus. - Es muss also  
 die Wärmemenge welche es abstrahlt  
 gleich sein der Wärmemenge welche es  
 von der Stelle empfängt. -  
 Man hatte schon früher gesagt

Auf der Tafel:

Leitungsfähigkeit für Wärme

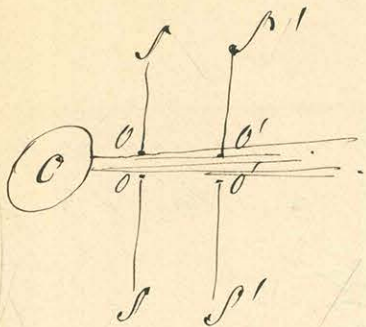
Ag. . . . . 100	Fe. . . . . 11
Cu . . . . . 74	Pt. . . . . 9
Au . . . . . 54	Pb. . . . . 8

Ich will jetzt den Satz über Absorption  
 u. Emissionsvermögen angeben. -

Ich will zuerst das Emiss. Verm. streng  
 definieren. -

Es sei der Körper C vor dem ein Wärmehaltendes Schirm SS mit einer  
 Öffnung OO, und einem zweiten Schirm  
 SS' mit der Öffnung O'O'. -





Durch diese Vorrichtung  
wird ein Bündel von einer  
ganz bestimmten Gestalt aus-  
treten.

Dieses Bündel enthält Wärme-  
strahlen ~~zu~~ verschiedener Sattung und ver-  
schiedener Polarisation. — Will man daher  
das Emissionsvermögen streng definieren  
so muss man es auf eine gewisse Strahlen-  
art beziehen. — ~~Bei seinen~~ Die Intensität  
des Bündels einer Sattung nennt man Emissi-  
onsvermögen. —

Analog definiere ich das Absorptionsver-  
mögen auf dieselbe Sattung und dieselbe  
geometrische Gestalt des Bündels. Es ist  
dann

$$\text{Absorptionsverm} = \frac{\text{Quantität der absorbierten Menge}}{\text{Quantität der auf C fallenden}} \quad \text{Wärmemenge}$$

Mein Satz lautet nun dass für dieselbe  
Sattung der Strahlen bei derselben Tempera-  
ratur das Verhältnis  $\frac{E}{A}$  für alle Körper  
dasselbe ist. —

Hieraus schließen folgerung dass alle Körper  
bei derselben Temperatur zu glühen anfangen.

Der Satz gilt <sup>nur</sup> für den Fall dass im Inneren  
des Körpers kein chemisches Vorgang vorgeht.



Ein anderes Beispiel der Anwendung ist,  
dass glühende Tormalinplatten theilwei-  
spolarisirtes Licht aussenden.

Ein ~~anderes~~ <sup>aus dem Satze</sup> Schluss ~~ist~~ <sup>Anwendung</sup> die ~~neue~~ Theorie  
der Spectralanalyse.

Die zweite Art der Fortpflanzung der Wärme  
ist die Leitung.

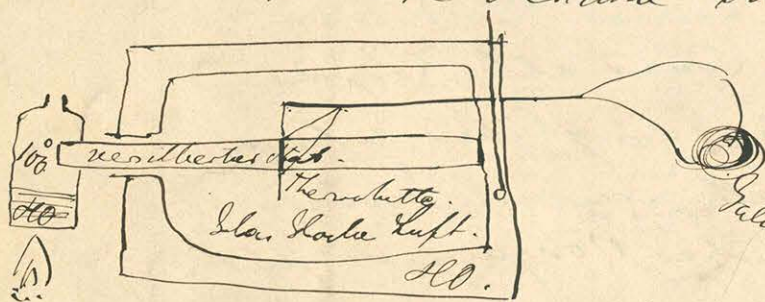
Ist  $W$  die Wärmemenge welche durch einen  
Querschnitt  $q$  in der Zeit  $t$  hindurch-  
strömt so ist die Leitungsfähigkeit  $K$   
durch folgende Gleichung definiert

$$W = q \cdot \frac{t - t'}{e} K$$

wo  $t$  u  $t'$  die Temperaturen &  $e$  den  
Abstand zweier Querschnitte bedeutet.  
Bemerkung der Abkühlung mit der Zeit und  
dem Newton'schen Gesetz. - Experi-  
mentelle Bestätigung.

Versuche von Despretz.

Neuere Versuche von Wiedemann in Franz.



Hierdurch sind die Zahlen  
aus der Tafel gewonnen.

Leitung in Kristallen.  
Galvanische Versuche von Quasimont.



Fragen, welche in mir Kirchhoffs Vorlesungen  
über Experimental-physik erregten, und Stellen  
derselben Vorlesung welche mir lückenhaft er-  
schiener.

Seite 64, 65. Könnte man nicht stärker darauf ein gehen  
 warum das Drehmoment = ~~Winkel~~ Kraft. Entf. von der Drehachse  
 und das Trägheitsmoment = ~~Winkel~~ Masse. Entf. Entf.  
 ist? -

Seite 70. Aufgabe. Den Nachweis das hier behaupteten zu geben. -

Seite 76. - Kann bei Zuhörern welche von dem Atmo-  
 sphärischen und dem Capillaren Druck auf die freie Ober-  
 fläche schon einige wenn auch ungenügende Kenntnisse  
 haben Zweifel erregen. -

Seite 81? Wodurch nicht auch bei Wägungen in der  
 Luft Fehler dadurch begangen, dass der feste Körper  
 auf seiner Oberfläche, und in seinen Poren mit einer  
 Luftsicht von grosser Dichtigkeit bedeckt sein könnte,  
 welche entzogen wird. -

Seite 82. Aufgabe. Den grösst möglichen Druck des  
 Vakuums zu berechnen Fehler aus der Capillari-  
 tätstheorie zu berechnen. -

Seite 190. Unvollkommen scheint mir die Schwin-  
 gungszahl longitudinaler Schwingungen freier  
 u. auf zwei Arten befestigter Stäbe anzugeben zu  
 sein. -

Seite 204.

Versuch durchsichtiger. Bei Kalkplatten, welche aus  
 gebrochenen Kugeln, durch Rollen verfertigt werden,  
 sind gewiss zwei verschiedene elastische Richtungen;



Dies müsste ich bei den Versuchen über  
Klumpfiguren nachprüfen lassen. -

Dagegen denke ich dass Platten welche aus <sup>gären</sup>  
genügendem Stannum geschliffen sind keine  
Abweichung von der Theorie d. Klumpfiguren  
zeigen würden. -

S. 187. Das Prinzip von d. Coex. kl. Bew. erfordert  
eine nähere Auseinandersetzung. - so dargestellt  
wie sie es hier u. in allen die bekannten <sup>Lehrbüchern</sup>  
über Physik ist, kann sie nur Zweifel u. Confu-  
sion hervorrufen. -

S. 208. +. Resonanzerscheinungen vom Standpunkte des  
Prinzips des Erhaltung der Kraft? -  
Analogon für Licht durchgeleitet. -

Aufgabe. Das Analogon des Phosphorescentz bei dem  
Lichte zu finden. -



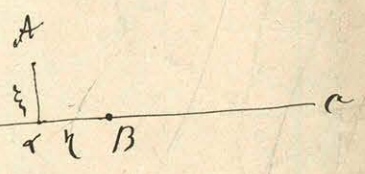
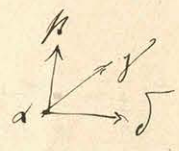
Ms 5096/15. Eötvös Loránd nemzeti  
7-10. évfolyam 12. évfolyam  
(2) - (3)

4 kötet BOL

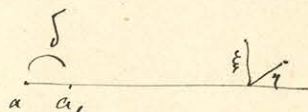
M. KÖR. AKAD. MIA.  
KÖNYVTÁR. NYELV. KÖZV. KÖZS.  
72 EV 17 SZ



In unseren bisherigen Betrachtungen machten wir die Voraussetzung dass alle nach einem betrachteten Aethertheilchen ausgehenden Bewegungen dieselbe Richtung haben. - In diesem Falle muss dann auch die resultierende Bewegung in eine gerade Linie geschehen. - Ein solcher Strahl nennen wir geradlinig polarisirt, - Wenn aber auf das Theilchen 2 Erschütterungen in den Richtungen  $\alpha\delta$ ,  $\alpha\gamma$ ,  $\alpha\beta$  wirken so wird  $\delta$  sich in eine Curve bewegen. - Der allgemeinste Fall einer solchen Curve ist eine Ellipse. - Strahlen in welchen die Theilchen sich in einer Ellipse bewegen nennen wir elliptisch polarisirt - ein specialer Fall desselben ist der circular polarisirt Strahl. - Diese Benennungen rühren schon von Brewster her, der ohne Math. Unterlage diese Benennungen auf die Eigenschaften jenes Strahlen begründete. - Der einfachste Fall den wir hier behandeln können ist der, dass die beiden Impulse senkrecht aufeinander stehen. - Es sei  $ac$  der ein Strahl <sup>des</sup> des Aethertheilchen nach  $\alpha\beta$  verläuft, ausser dem wirke  $a$  noch ein Strahl der die Verdrängung  $\delta$  hervorbringt. - Man kann sich dies erklären wenn man Kenntniss nimmt von der grössten Entdeckung Fresnel's, dass nämlich die Verdrängungen der Aethertheilchen im Lichtstrahl transversale sind. - Es seien nun  $\xi$  und  $\eta$  senkrecht







Aufeinander herüber von zwei Strahlen,  
die die Ausgangspunkte  $a$  und  $a'$  haben — Ihre  
Veränderungen sind demnach:

$$a \cos \frac{t}{T} 2\pi$$

$$a' \cos \frac{t}{T} 2\pi$$

$$(1) \quad \begin{cases} \xi = a \cos \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} 2\pi \\ \eta = a' \cos \frac{t}{T} - \frac{x+\delta}{\lambda} 2\pi \end{cases}$$

wo es vorausgesetzt ist, dass die Phasen beider  
Strahlen dieselben sind, ~~da~~ <sup>da</sup>  $\delta$  ist keine  
Beschränkung da ja wir ~~zwei~~ <sup>zwei</sup> ~~den~~ <sup>den</sup> Strahl  
immer in einer Reihe verlegen können.

Die beiden Gleichungen (1) geben die Coordina-  
ten des Theilchens in jedem Zeitpunkte, man  
erhält demnach die Gleichung der Bahn. Durch  
Elimination, diese ist:

$$\left(\frac{\xi}{a}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{a'}\right)^2 - \frac{2\xi\eta}{a a'} \cos \delta \frac{2\pi}{\lambda} = \sin^2 \delta \frac{2\pi}{\lambda}$$

In diesem Falle bewegt sich also das Theilchen  
in einer Ellipse. — (Der Querschnitt eines solchen Strahles  
ist also eine Ellipse, während die eines gerad-  
linig polarisirten Strahles eine Gerade ist)

Wir gehen in die Betrachtung dieser Ellipse  
etwas näher ein. — Wir wollen näherlich die  
beiden möglichen Grenzfälle betrachten. — D.h.  
die Fälle in welchen die Ellipse ein Kreis oder



eine Gerade wird. -

Die Bedingung der

Bahn ist:

$$d\xi + b\eta = \sqrt{\sin^2 \delta} \frac{J}{d} 2\pi$$

also dann

$$\cos \frac{J}{d} 2\pi = \pm 1$$

Dann muss:

$$\frac{\xi}{d} - \frac{\eta}{p} = 0 \quad \text{sein.}$$

Ist das ~~casus~~  $\cos \frac{J}{d} 2\pi = +1$ , so wenn  $J = 2m \frac{d}{2}$  sein, ist dagegen  $\cos \frac{J}{d} 2\pi = -1$  so wenn  $J = (2m+1) \frac{d}{2}$  sein.

Dall die Bahn eine geradlinige sein so muss

$$\frac{\xi}{d} - \frac{\eta}{p} = 0$$

sein, dann sehen wir, die Strahlengänge, benützt, dass der resultierende Strahl in der Diagonalen der einzel Umrückungen sich bewegt. - Ebenso nun für die geradlinige Bahn gelten

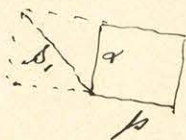
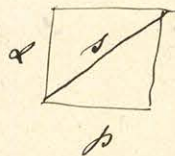
$$\frac{\xi}{d} + \frac{\eta}{p} = 0$$

sein, dann geschieht die Bewegung in S.

Ohne weiteres ergibt sich dass:

$$S = \sqrt{d^2 + p^2} \cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$$

So wie wir hier zwei geradlinig sentrecht zueinander polarisierte Strahlen zu einem geradlinig polarisierten zusammengeführt haben, so können wir auch jeden geradlinig polarisierten Strahl in zwei sentrecht zueinander polarisierte Strahlen zerlegen. -





Wir haben jetzt zwei- oder drei Arten von Strahlen - ich kann den Strahl in zwei zerlegen, die mit dem gegebenen gleichen Ursprung hat, jede derselben kann ich auch in zwei Strahlen mit dem Ursprung differenz eines Viertel undulationslänge zerlegen. -  
 - Nun betrachte ich den Fall des Kreispolarierten Lichtes. - Welche sind die Bedingungen u. was ich kann sorgen die optischen Bedingungen damit das elliptisch polarisierte Licht kreisförmig polarisiert werde. -  
 Diese zwei Bedingungen sind:

$$1) \text{ wo } \delta = 2\pi = 0$$

$$\text{und } 2) d = \beta$$

2) Wenn der resultierende Strahl <sup>circular</sup> ~~sehr~~ polarisiert sein soll so müssen die Amplituden beider Strahlen dieselben sein. -  
 Die 1. Bedingung erfordert dass

$$\left. \begin{array}{l} \delta = \frac{1}{4} d \\ \delta = \frac{4m+1}{4} d \end{array} \right\} \text{ oder } \left. \begin{array}{l} \delta = -\frac{1}{4} d \\ \delta = \frac{4m-1}{4} d \end{array} \right\}$$

Erste Classe.                      2te Classe

sein muss. -

Wir werden sehen dass zwei circularpolarisierte Strahlen noch sehr verschiedene Eigenschaften haben können. -

Im ersten Falle nun

$$\xi = d \cos \frac{t}{\rho} - \frac{x}{d} 2\pi$$

$$\eta = \beta \cos \left( \frac{t}{\rho} - x + \frac{d}{4} \right) 2\pi$$



Da ist

$$\phi = \phi \sin \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} 2\pi$$

Im ersten Falle der 2<sup>ten</sup> Classe finden wir  
Daher

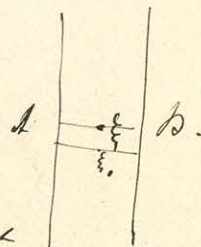
$$= - \phi \sin \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} 2\pi$$

Wir können nun leicht einsehen dass die  
Richtung der Rotation in beiden Fällen  
eine entgegengesetzte ist. — Dem gehen wir  
von einem Zeitpunkte aus in welchem  $\eta = 0$  ist  
und lassen dann  $t$  wachsen so sehen wir diesen  
Unterschied beider Fälle ein. — Die Beobach-  
tung hatte schon vor der math. Betrachtung  
diese Unterscheidung gemacht, und die  
Benennungen rechts und links <sup>circular</sup> polarisierter  
Lichter eingeführt. —

Es wird jetzt interessant sein zu sehen  
wie die Bewegung eines circular polarisierten  
Strahles im Raume geschieht. — Denken  
wir uns einen Cylinder, alle bewegten  
Theilchen bewegen sich dann an der Ober-  
fläche desselben. — Es sei  $AB$  ein  
Durchmesser des Cylinders. — Wir haben  
die Gleichung

$$= \phi \sin \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} 2\pi$$

~~gehen dann von einem~~ <sup>nehmen dann</sup>  
als constant  $t$  an lassen  $x$  wachsen und betrachten  
die  $\xi$ -s. — Wir sehen so dass im ersten  
Fall die Spirale eine nach rechts gewundene ist,  
deren Höhe eines Umlaufs eine Wellenlänge ist. —





Im zweiten Falle ist <sup>die Spirale</sup> ~~die Bewegung~~ eine kreis-  
förmig gewundene.

Die weiteren Aufgaben die in dieser Einleitung  
gegeben werden sollen, sind die Auswertung  
meines Circulargularisierter Strahlen, und  
die Verlegung eines geradlinig polarisierten  
Strahles in Circulargularisierter Strahlen.

Oder wie diese Aufgabe besprechen, soll  
die Frage nach der Lichtintensität des ellyp-  
tisch polarisierten Strahles besprochen werden.  
Beim ellypt. pol. Strahle ist:

$$\xi = d \cos \frac{t}{T} - \frac{x}{a} 2\pi$$

$$\eta = p \cos \frac{t}{T} - \frac{x+\delta}{a} 2\pi$$

Die Geschwindigkeiten sind dann

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = -d \frac{2\pi}{T} \sin \frac{t}{T} - \frac{x}{a} 2\pi$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -p \frac{2\pi}{T} \sin \frac{t}{T} - \frac{x+\delta}{a} 2\pi$$

Die ~~Leuchte~~ -

$$\frac{1}{m T} \int_0^{m T} dt \left( \left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial t} \right)^2 \right) = \frac{1}{2} (d^2 + p^2) \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$$

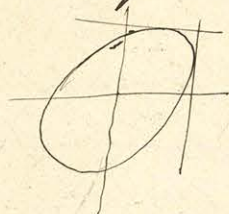
wo  $m$  die Zahl der Impulse ist.

Die Intensität ist also prop. mit  $(d^2 + p^2)$ ; die  
Intensität ist also unabhängig von den Coordi-  
naten  $x$  und  $p$  verändern sich also  
bei Veränderung des Coord. Systems.

Dies scheint kein Widerspruch zu sein.



Es lässt sich durch folgende geometrische Betrachtung:



Wir wollen uns mit der Aufgabe beschäftigen  
Dass zwei Circular polarisierte Strahlen ~~in einer~~  
~~geradlinig polarisierten~~ zusammengesetzt werden  
sollen. - Dabei sind zwei Fälle 1) beide rechts  
oder beide links circularpol. 2) Der eine links  
der andere rechts circularpolarisiert.

Der erste Fall.

$$\xi_1 = a_1 \cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi \quad \xi_2 = a_2 \cos \frac{t}{f} - \frac{x+d}{d} 2\pi$$

$$\eta_1 = a_1 \sin \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi \quad \eta_2 = a_2 \sin \frac{t}{f} - \frac{x+d}{d} 2\pi$$

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = (a_1 + a_2 \cos \frac{d}{f} 2\pi) \cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi + a_2 \sin \frac{d}{f} 2\pi \sin \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = -a_2 \sin \frac{d}{f} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi + (a_1 + a_2 \cos \frac{d}{f} 2\pi) \sin \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$$

Daraus  $\cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$  und  $\sin \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$  berechnet,

Dann quadriert und addiert, ergibt:

$$\xi^2 + \eta^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos \frac{d}{f} 2\pi$$

Diese Gleichung ist die Gleichung der Bahn in welcher  
das Lichttheilchen sich bewegen soll. - Diese  
Gleichung ist die eines Kreises.



Zwei in derselben Richtung circular polarisirte Strahlen setzen sich also zu einem neuen circular polarisirten Strahl zusammen. - Der Durchmesser dieses Kreises ergibt sich aus den Durchmessern der componirenden durch die Fresnel'sche Construction. - Diese Strahlen interferiren in dem sie sich verstärken oder schwächen je nachdem sie um einge  $\frac{\pi}{2}$  ein gerades oder ein ungerades Vielfache von  $\frac{\pi}{2}$  ist. -

Wenn die <sup>Phasen der</sup> ~~ein~~ <sup>links</sup> ~~Strahlen~~, die der anderen rechts rotiren so ist:

$$\xi_1 = a_1 \cos \frac{t}{\rho} - \frac{x}{\lambda} 2\pi \quad \xi_2 = a_2 \cos \frac{t}{\rho} - \frac{x+\delta}{\lambda} 2\pi$$

$$\eta_1 = a_1 \sin ( \quad ) \quad \eta_2 = a_2 \sin ( \quad )$$

$$\xi = \xi_1 + \xi_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

Ähnlich wie vorher erhält man dann als Gleichung der Bahn.

$$\xi^2 (a_1^2 + a_2^2 - 2a_1 a_2 \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi) + \eta^2 (a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi) + 4a_1 a_2 \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi \xi \eta = (a_1 a_2)^2$$

Zwei in entgegengesetzter Richtung rotirende circular polarisirte Strahlen setzen sich demnach immer zu einem elliptisch polarisirten Strahl zusammen. -



Jetzt können wir die Frage stellen, unter welchen Bedingungen sich die zwei circular polarisierte Strahlen zu einem geradlinig polarisierten zusammensetzen?

Die einzige Bedingung hierfür ist:

$$a_1 = a_2$$

Dann wird die Gleichung der Bahn:

$$4\left\{\sin^2 \frac{\delta}{2d} 2\pi + 4\eta^2 \cos^2 \frac{\delta}{2d} - 4.2 \sin \frac{\delta}{2d} \cos \frac{\delta}{2d} \right\} \eta = 0$$

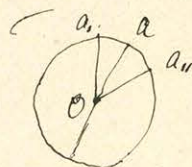
$$\left\{ \sin \frac{\delta}{2d} 2\pi - \eta \cos \frac{\delta}{2d} 2\pi = 0 \right.$$

Dies ist die Gleichung der geraden Linie. —

Man kann sich nun leicht diese Richtung construiren. —

Man kann sich dies auch so klar machen, wenn  $a_1$  die Höhe der Theilchen wäre, wenn

aus  $a_1$  oder  $a_{11}$ , und  $a_{11}$  die Höhe wenn nur der andere Strahl vorhanden wäre so nur  $a_0$  den Winkel zwischen ihnen halbirten. —



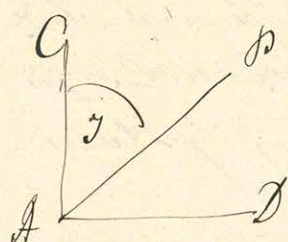
Wie wird man nun einen geradlinigen Strahl in zwei circular polarisierte zerlegen?

Ich hätte den geradlinigen Strahl

$$A \cos \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} 2\pi$$

Ich kann denselben in zwei convergirende geradlinig polarisierte Strahlen zerlegen. —





$$\xi = A \cos \gamma \cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$$

$$\eta = A \sin \gamma \cos \frac{t}{f} - \frac{x}{d} 2\pi$$

Ich will nun jede dieser Strahlen nach  $x$  zerlegen in zwei deren Ursprünge verschiedene sind: — es sei der Ursprung des einen um  $\delta$  der andere um  $\frac{d}{4}$  zurück

$$1) A \cos \gamma \cos \frac{\delta}{d} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x-\delta}{d} 2\pi$$

$$2) A \cos \gamma \sin \frac{\delta}{d} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x-\delta+\frac{d}{4}}{d} 2\pi$$

Ebenso zerlege ich  $\eta$ .

$$3) A \sin \gamma \cos \frac{\delta}{d} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x-\delta}{d} 2\pi$$

$$4) A \sin \gamma \sin \frac{\delta}{d} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x-\delta+\frac{d}{4}}{d} 2\pi$$

Nun combinire ich diese Gleichungen.

$$1) = \xi = A \cos \gamma \cos \frac{\delta}{d} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x-\delta}{d} 2\pi$$

$$4) \eta = A \sin \gamma \sin \frac{\delta}{d} 2\pi \sin \frac{t}{f} - \frac{x-\delta}{d} 2\pi$$

ferner:

$$2) \xi = A \cos \gamma \sin \frac{\delta}{d} 2\pi \sin \frac{t}{f} - \frac{x-\delta}{d} 2\pi$$

$$3) \eta = A \sin \gamma \cos \frac{\delta}{d} 2\pi \cos \frac{t}{f} - \frac{x-\delta}{d} 2\pi$$

Wir werden nun zeigen können dass 1 und 4) und auch dass 2) und 3) in einer Linie



circularpolarisierter zusammengeführt werden können. - Fall 1) 4) dies selbsten gehen, so müssen sie um  $\frac{1}{4}$  abstrichen und es muss:

$$\cos \gamma \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi = \sin \gamma \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi$$

Dies ist dann ein rechts rotirendes, die erste Bedingung ist schon erfüllt.

Die Bedingungen, dass auch 2) und 3) zusammengeführt werden können, sind die schon erfüllte Bedingung des Abstandes  $\frac{\delta}{\lambda}$  und die Bedingung:

$$\cos \gamma \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi = \sin \gamma \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi$$

Dies ist ein links rotirendes circularpolarisierter Strahl. - Durch diese Bedingungsgleichungen wird bestimmt  $\gamma$  und  $\delta$  also ergibt es

$$\gamma = 45^\circ$$

$$\frac{\delta}{\lambda} 2\pi = \frac{1}{4} \pi$$

$$\delta = \frac{\lambda}{8}$$

Ich behauptete schon dass die allgemeinste Curve der Bewegung eines Gekörpers theilweise die Ellipse ist. - Wir haben hier jetzt nur Fälle betrachtet wo die drei Bewegungen in derselben Ebene geschehen. Es wird dennoch in manchen Fällen nöthig sein ein Newnood. Syst. ein zu führen.



Es sollen drei Strahlen sein jede verschiedene Ausgangspunkte und verschiedene Amplituden hat - auf dieselbe Art zu theilen werden. Die ein. selbstveränderung auf die drei Coord. Axen seien.

$$\xi = M \cos \frac{t}{T} - \frac{x}{d} 2\pi$$

$$\eta = N \cos \frac{t}{T} - \frac{y + \delta}{d} 2\pi$$

$$\zeta = L \cos \frac{t}{T} - \frac{z + \delta_2}{d} 2\pi$$

Die Auflösung

$$\begin{aligned} \cos \frac{t}{T} - \frac{x}{d} &= M \xi + N \eta \\ &= M' \xi + N' \eta \end{aligned}$$

die dritte ist dann

$$m \xi + n \eta + p \zeta = 0$$

Abw. genau dies ist die Gl. einer Ebene, also genügt die Bewegung in einer Ebene. - Man wird also immer ein Coordinatensystem wählen können, in welche die 3 Axc nicht zu berücksichtigen ist, denn auch ist auch die Ellipse die adäquate Bahn der Theilchen.



## Farben dünner Plättchen...

Als Anwendung dieser Betrachtungen wollen wir noch diese Frage behandeln. - Dünnes Marienglas ... etc., Seifenblase - die dabei auftretenden Erscheinungen hängen von der Dicke der Lamellen ab. - Es gehörte Newton die Ursache dieser Erscheinung zuerst und war sehr sorgfältig unter sucht zu haben. - Er untersuchte diese Erscheinung mit der Vorrichtung bestehend aus einer Linse von sehr grossem Durchmesser auf einer Glasplatte. - Beschreibung der Erscheinung. Ist die Verührung in C vollständig hergestellt dann ist die ~~Stelle~~ Schwarz.



Der Mittelpunkt ist Schwarz		
Darauf	schwach blaue Zone	}
	gelb	
	rot	
	orange	
		1 <sup>er</sup> Ring

etc.

Das erste System an weiss, das zweite am blau, das dritte schwach blau und ~~schwach~~ stark grün, das vierte am überwiegen des gelbes zu erkennen. - Newton mass die Entfernungen, er fand dass ~~sich~~ die hellsten Stellen bei diesen auf einander folgen die zu einander stehen wie  $\sqrt{1} : \sqrt{3} : \sqrt{5} : \text{etc.}$ , die Stellen des dunklen Stellen sehen dagegen zu einander wie  $\sqrt{6} : \sqrt{12} : \sqrt{18} : \text{etc.}$



$$\delta = \frac{g^2}{2R}$$

es man 105 und fand

$$105 = \frac{1}{10} \text{ Zoll}$$

Der ~~Klein~~ Durchmesser seines Lins  
betrug ~~105~~ 91 Zoll. so ist

$$2\delta = \frac{1}{91000} \text{ Zoll.}$$

Alle diese Beobachtungen wurden so angestellt  
das das Auge möglichst senkrecht auf die  
Platte hinein sehe. — Prüft man die  
Correction wegen diesem schiefen Winkel  
mit in Rechnung so findet man

$$2\delta = \frac{1}{84000} \text{ Zoll}$$

$$2\delta = 0,000285 \text{ mm.}$$

Wie wir eben werden ist die <sup>Mittlere</sup> die ~~besten~~ Unter-  
kationislänge des Lichtes. —

Bei schiefen Reflection ~~erscheinen~~ ~~direkten~~  
vergrößern sich die Ringe, d. i. dieselben  
Farben treten an neuen vom ersten ver-  
schiedenen Luft Dicken auf. — Sieht  
man auf den Punkt C schief, so erscheint  
es uns zuerst blau, dann wenn ich  
nicht mehr <sup>weiß</sup> neigt, dann ~~flau~~ <sup>grün</sup>, ~~grün~~  
endlich orange, und wieder schwarz. —  
Newton fand das wenn die Schiefe nicht  
groß ist dann ist die Dichte  $\delta'$  der schiefen



Reflexion:

$$i' = \frac{i}{\cos \theta}$$

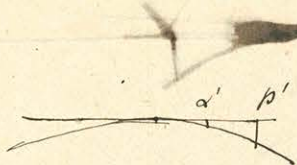
wo  $i$  die Dicke des alten Farbe bei un-  
 terschiedlicher Reflexion bedeutet, und unter  $\theta$   
 der Winkel des gebrochenen Strahles mit  
 dem Lothe verstanden wird. - Newton  
 hebt hervor, dass er dieses Gesetz nur für  
 kleine Einfallswinkel richtig fand. -  
 Für diesen Fall stellte Newton eine andere  
 sehr complicirte Formel <sup>auf</sup>, die mit der  
 Erfahrung übereinstimmte. - Dies war  
 eine große Schwierigkeit der Undulationen-  
 theorie, denn diese fordert, dass unter Prevost. Pogg. Ann.  
 allen Einfallswinkeln die Formel  
 26 Bd.

$$i' = \frac{i}{\cos \theta}$$

gelte. - Dieser Widerspruch wurde nur  
 in jüngster Zeit durch die Untersuchungen  
 von Prevost entschieden, welcher die Anwend-  
 barkeit dieser Formel experimentell nach-  
 wies. -

Diese Erscheinungen werden einigermassen  
 modificirt bei Versuchen mit homogenem  
 Lichtstrahlen, - ~~Es~~ <sup>stattdessen</sup> die ~~Größe~~ <sup>Größe</sup> der ~~Größe~~ <sup>Größe</sup> der  
 Ringe ist bei solchen Versuchen viel größer,  
 als bei





Newton beobachtete die Durchmesser der Ringe und berechnete daraus die Luftdicken. Betrachtete er zwei Vorrichtungen mit kleinen deren Durchmesser verschieden waren, so fand er dass die Farberinge immer nur von der Luftdicken anhängen. —

~~Folgende~~ Erscheinungen mit homogenem Licht. Man kann sie hervorbringen indem man durch farbige Gläser hindurchsieht — homogen färbende Gläser sind leider sehr ~~selten~~ selten. — Wir haben rothes, seltes blaues, was gelbes Licht anbetrifft so kann man bestenfalls Na. anwenden. —

Newton verschaffte sich homogenes Licht ~~so~~ durch Zerlegung der Sonnenstrahlen <sup>durch</sup> in ein Prisma. —

Newton beobachtete dass die durchsichtigen Ringe bei solchen Erscheinungen, ~~offen~~ homogen gefärbten Kristallen, verschiedener Art, verschiedene sind.

Es verhielten sich auch da die ~~selben~~ durchsichtigen Ringe wie  $v_0$ ,  $v_2$ ,  $v_4$  etc. —

Er ~~hatte die Stellen zwischen~~ <sup>bestimmte</sup> das Verhältnis der <sup>Halbmesser</sup> ~~der Ringe~~ <sup>zu</sup> die Stellen des Sonnenspektrums zwischen

+

Dieses Theorem stellt die Verhältnisse der Radien der Ringe. —

Die Quadrate dieses Theorems geben die Luftdicken an. —

Newton fand beim Versehen mit violettem

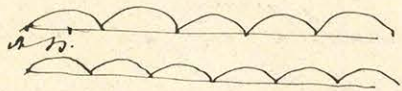


Licht für die ~~mittlere~~ Mitte zwischen den  
Schwarzen Mittelpunkt und der weißen  
halben Zone die Luftdichte.

0,000142 Millin

Er fand dass die Luftdichte dieselbe  
ist als die des Ersten Ringes für (O.F.)  
- hiernach sind die Luftdichten durch die  
die Wellenlängen zu berechnen. -  
Nach der Erklärung der Erscheinungen  
konnte Newton auch schon Erklärung der  
Erscheinungen bei weissen ~~Farben~~ vorwärts  
schreiten.

Man kann ab für alle Farben die Intensität  
hervorheben, und dann zusammenstellen.



etc.

Newton nahm an dass die Intensität  
für jede Farbe  $= 0, \sin^2(NB)$  wäre. - Newton  
blieb hier nicht stehen er stellte sich  
noch die physiologische Frage über  
die resultierende Farbe eines Gemisches. -  
All die bisher angegebenen Thatfachen beruhen  
sich auf Luft lamellen, Newton beobachtete  
aber dann weiter mit anderen Flüssigkei-  
ten, so z. B. mit Wasser. - Die Verhältnisse  
der Verhältnisszahlen des Ringdurchmessers  
waren dabei dieselben, die absoluten  
Werthe waren aber verschieden. -

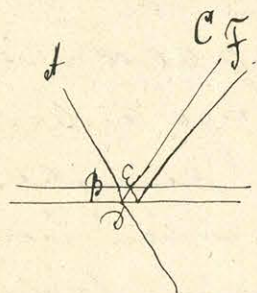


Es fand dann die Luftdispersion derselben Farbe für verschiedene Flüssigk. sich verhielten wie umgekehrt die Brechungscoefficienten derselben. -

Sieht man durch solche dünne Lamellen hindurch, da zeigen sich alle die Erscheinungen d. i. ebenfalls Ring, nur ist die Reihenfolge der Farben eine andere. - An derselben Lamellen sieht eschein, wenn man die complementäre Farbe, d. i. diejenige Farbe welche mit dem reflectirten Lichte complementary giebt. - Die so betrachteten Farben rings sind viel weniger lebhaft. -

Erklärung dieser Erscheinungen nach der Undulationstheorie. -

Es sei eine dünne Lamelle irgend einer Substanz gegeben, begrenzt durch  $E$  und  $E'$ , <sup>in demselben Medium.</sup> ~~eingeschnitten~~



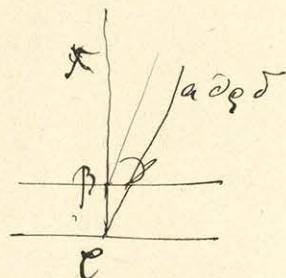
Die beiden Strahlen  $EC$  und  $EF$  ~~welche dieselbe Richtung haben~~ werden interpretiren wenn sie dieselbe Richtung haben, ja zusammenfallen, diese Bedingung ist erfüllt

bei den kreisförmig auffallenden Lichte. -

Ich werde nun vorher dieses wellenförmige Phänomen betrachten. - Analog ist die Erklärung für durchgelassene Strahlen. -



Es sei die Amplitude des <sup>einfallenden</sup> Strahles in  $B$   
 $a$ . —  $a \cos \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} 2\pi$ .



Die Amplitude des reflektierten Strahles  
 sei dann  $a r$  wo  $r$  ein Bruch ist,  
 Von dem Strahle tritt andererseits in  
 in das Glas die Amplitude  $a d$  ein,  
 Dann wird  $a d q$  reflektiert hiß dann  
 $a d q d$

Wir heben nun zwei zusammenfallende  
 reflektierte Strahlen, deren erster  
 die Amplitude  $a r$ , der zweite  
 die Amplitude  $a d q d$  hat. — Die  $a d$   
 Strahlen sind nach ~~dem~~ Durch ihre un-  
 richtigen Wege d. i. durch ihre ver-  
 schiedenen Verschiebung — <sup>oder ungleichheitlichen</sup>  $x$ .  
 Es sei  $y$  die Entfernung der Auges (von  $B$ ).  
 $x$  die des Lins von  $B$ .

Die Dicke des Plättchen sei  $\Delta$

$v'$  Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der  
 Lins.  $\lambda'$  die Wellenlänge in dem Plättchen.

1)

2)

Diese Strahlen setzen sich nach dem Fresnel-  
 dem Parallelogramm zusammen, in der  
<sup>Amplitude</sup>  
~~Intensität~~ des resultierenden Strahles  $A$ .



Es ist:

$$A^2 = a^2 \left\{ r^2 + (\delta \delta \rho)^2 + 2r\rho \delta \delta \cos \frac{2\lambda}{\lambda} 2\pi \right\}$$

Wir werden später sehen, dass:

$$a^2 \delta^2 + a^2 r^2 = a^2$$

also

$$\begin{cases} r^2 + \delta^2 = 1 \\ \rho^2 + \delta^2 = 1 \end{cases}$$

hieraus soll man  $\delta$  und  $\delta$  eliminirt werden,  $r$  und  $\rho$  sind kleine Größen im Verhältnis zu  $\rho$  u.  $\delta$  und  $\delta$  — Wir können so zu der allerdings nur annähernden Formel kommen:

$$A^2 = a^2 (r^2 + \rho^2 + 2r\rho \cos \frac{2\lambda}{\lambda} 2\pi)$$

Wir sehen nun dass je <sup>nach</sup> der Größe von  $\lambda$  ein Maximum und Minimum auftreten müssen. — Es müsste aber demnach ein Maximum eben bei  $\lambda = 0$ , also in der Mitte des Newton'schen Apparates die hellste Stelle auftreten, — dies war eine große Schwierigkeit die die Undulationstheorie zu ~~überwinden~~ <sup>überwinden</sup> hatte. — Th. Young erklärte dies dadurch dass es annahm bei <sup>einer</sup> ~~dem~~ Reflexion ~~da~~ dass eine halbe Undulationslänge verloren gehen. — Diese Schwierigkeit blieb unberücksichtigt, bis Fresnel die genauen Werthe für  $r$ ,  $\rho$  etc. entwickelte. —



Da ergibt sich nämlich

$t = -e$   
Dem thun wir drei so wird

$$A^2 = 4a^2 r^2 \sin^2 \frac{2\Delta\pi}{d}$$

Nun sehen wir dass die Intensität wirklich  
verschwindet für  $\Delta = 0$

Hieraus können wir nun überschauen welche  
Bedeutung die Newtonschen Luftschichten haben.

Wir fanden:

$$A^2 = 4a^2 r^2 \sin^2 \frac{2\Delta\pi}{d}$$

Dieser Ausdruck beruht sich auf eine bestimmte  
Farbe - & nun für eine andere Farbe ist

$$A'^2 = 4a'^2 r'^2 \sin^2 \frac{2\Delta'\pi}{d'}$$

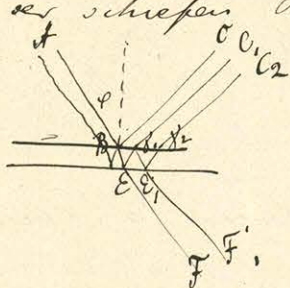
Nun ausgeglichen

$$4a^2 r^2 \left\{ \sin^2 \frac{2\Delta\pi}{d} \right\}$$

Newton suchte den Werth dieser Farbe <sup>auszurechnen</sup>  
durch das Sonnenlicht dargestellt zu.  
Durchführung derselben Untersuchung für  
sämmtliche reflectirte Strahlen. -



Färben durch das Plättchen - der allgemeine Fall der schiefen Reflexion. -



$$\text{Amplitude } AD = a$$

$$BC = ar$$

$$B_1C_1 = a \delta \varphi$$

$$B_2C_2 = a \delta \varphi^3$$

Die Strahlen  $BC$ ,  $B_1C_1$ ,  $B_2C_2$  können nicht mit einander in der Ferne weil sie nicht denselben Winkel theilen treffen. -

Sehen wir nun den Strahl  $BC$  rückwärts gebrochen so haben wir  $B_1$  u.  $B_2$ . -

Wir können uns also immer einen Strahl denken der auf das Plättchen auffallend und sich mit  $BC$  oder mit  $B_1C_1$ ,  $B_2C_2$  zusammenfallend reflectirt wird. -

Es ist nicht nur erlaubt sondern auch nothwendig diese Operation durchzuführen. -

Die Bewegung in  $BC$  ist die erste

$$a \cos \frac{t}{r} - \frac{x+y}{d} \pi$$

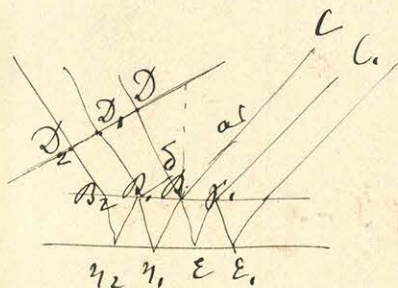
wo  $x$  die Entfernung von  $B$  vom leuchtenden Körper und  $y$  die Entf. der Retina von  $B$  ist. -

Der Strahl  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $\eta$ ,  $BC$

$$a \delta \varphi \cos \left( \frac{t}{r} - \frac{x - h\delta}{d} \mp \frac{2h\eta}{d'} - \frac{y}{d} \right) \pi$$

Die Bew. in folgenden mit  $BC$  zusammenfallenden Strahlen ist:

$$a \delta \varphi^3 \cos \left( \frac{t}{r} - \frac{x - 2h\delta}{d} \mp \frac{4h\eta}{d'} - \frac{y}{d} \right) \pi$$





Der Kürze wegen bezeichne ich:

$$\frac{t}{r} - \frac{x+y}{d} 2\pi = \delta$$

$$\frac{2M_1}{d_1} - \frac{2d\delta}{d} = \gamma$$

Dann ist die Summe der Strahlen:

$$= a \left\{ r \cos \delta + 2d\delta \left( \cos(\delta - \gamma) + \rho^2 \cos(\delta - 2\gamma) + \rho^4 \cos(\delta - 3\gamma) + \dots \right) \right\}$$

Ich setze nun diesen Ausdruck auf folgende Form gebracht:

$$= A \cos \delta + B \sin \delta$$

Diese Ausdrücke  $A \cos \delta$  und  $B \sin \delta$  stellen uns zwei Strahlen ~~an~~ vor deren Ursprung um  $\frac{1}{4}d$  absteht. — Die Intensität der aus solchen Strahlen resultierenden Strahlen ist: —

$$A^2 = A^2 + B^2$$

Wir können:

$$\delta = \cos \delta - \gamma + \rho^2 \cos \delta - 2\gamma + \rho^4 \cos \delta - 3\gamma + \dots \text{ etc.}$$

multipl.

$$\delta \rho^2 \cos \gamma = \rho^2 \cos \delta + \rho^4 \cos \delta - \gamma + \dots = \rho^2 \cos \delta + \rho^4 \delta + \delta - \cos \delta - \gamma$$

hieraus

$$\delta = \frac{\cos \delta - \gamma - \rho^2 \cos \delta}{1 + \rho^4 - 2\rho^2 \cos \gamma}$$

~~Demnach ist die Intensität~~

$$A \cos \delta + B \sin \delta = a \left\{ r \cos \delta + 2d\delta \left( \frac{\cos \delta - \gamma - \rho^2 \cos \delta}{1 + \rho^4 - 2\rho^2 \cos \gamma} \right) \right\}$$



~~Die~~ Es ergibt sich nach einigen einfachen Reduc-  
tionen — und nach Gebrauch der oben  
angewendeten Relationen

$$\begin{aligned} r &= -\rho \\ \partial T &= 1 - r^2 \end{aligned}$$

die an der Theorie der Reflexion und Refraction  
entnommen sind:

$$\begin{cases} A = \frac{2ar(1+r^2)\sin^2 \frac{\eta}{2}}{1+r^4-2r^2\cos\eta} \\ B = \frac{2ar(1-r^2)\sin \frac{\eta}{2} \cos \frac{\eta}{2}}{1+r^4-2r^2\cos\eta} \end{cases}$$

also da

$$A^2 = A^2 + B^2 = \frac{4a^2r^2\sin^2 \frac{\eta}{2}}{1+r^4-2r^2\cos\eta}$$

Für  $\eta$  von Werth gesetzt ergibt sich die Inten-  
sität als Function der Dichte der Blättchen und des  
Einfallswinkels: —

Nimmt man den Winkel zwischen gebrochenem Strahl  
und Einfallslot  $\varphi$  — die Dichte der Blättchen  $\Delta$  so

$$2\eta = \frac{2\Delta}{\cos\varphi}$$

$$\partial T = 2\Delta \cos\varphi \sin\varphi$$

also

$$\eta = \frac{2\Delta}{2\cos\varphi} \left\{ 1 - \frac{\Delta' \sin\varphi \sin\varphi}{\Delta} \right\} 2\pi$$

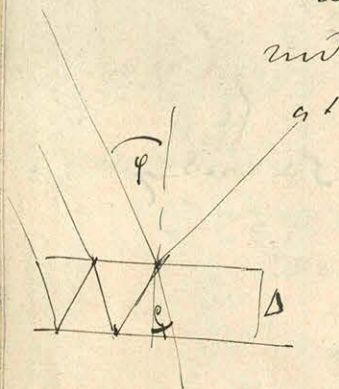
Nach dem Brechungsgesetze ist:

$$n' \sin\varphi = n \sin\psi$$

$$\frac{\sin\varphi}{v_1} = \frac{\sin\psi}{v}$$

$$\text{oder } \frac{\sin\varphi}{\Delta_1} = \frac{\sin\psi}{\Delta}$$

$$\sin\psi = \frac{\Delta}{\Delta_1} \sin\varphi$$





$$r = \frac{2\Delta \cos \varphi}{d_1}$$

$$r = \frac{2\Delta \cos \varphi \sin \pi}{d_1}$$

also die Intens.

$$A^2 = \frac{4a^2 r^2 \sin^2 \frac{2\Delta \cos \varphi \pi}{d_1}}{(1-r^2)^2 + 4r^2 \sin^2 \frac{2\Delta \cos \varphi \pi}{d_1}}$$

Dieser Ausdruck zeigt dass diese Intensität periodisch ist, und Maximal und Minimalwerte annimmt. —

$$\text{Min} = 0 \quad \text{für } 2\Delta \cos \varphi = n d_1 \quad n \text{ eine beliebige ganze Zahl.}$$

$$\Delta = \frac{n d_1}{2 \cos \varphi}$$

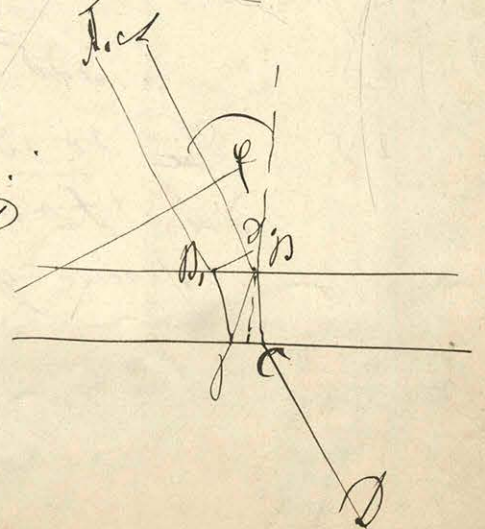
Bei grösserer Schiefe wächst demnach die Dichte, und zwar genau nach dem von Newton angegebenen Gesetze. —

Newton glaubt auch das Gesetz an dem die <sup>Sonnenstrahlen</sup> ~~Strahlen~~ <sup>erhalten Farbe</sup> ~~mit~~ <sup>Verhalten um-</sup> ~~gekehrt~~ wie die Brechungscoefficienten der Flüssigkeiten. —

Dieses Gesetz übergeht in die von Newton einfall wenn man höhere vernachlässigt. —

Streuendes Licht. —

In dem ebenen Strahle  $MP$   $CD$  von  $W$ .  
ren mit einander  $MP$ ,  $Y$   $KL$   $D$   
u. . . . u.





Alle diese Strahlen sollen von derselben Welle  
berührt werden. — Die Beugl. der in C D interfe-  
rierenden Strahlen sind :

$$= a\delta\sigma$$

$$a\delta\sigma_2$$

$$a\delta\sigma_4$$

... etc.

Die New. der Beugl. ...

x Entfernung von  
C vom der Fovea.  
y Entf. von C von  
der Retina.

$$a\delta\sigma a\delta\left(\frac{t}{f} - \frac{x}{d} - \frac{2\ell}{d_1} - \frac{y}{d}\right) 2\pi$$

$$a\delta\sigma^2 \cos\left(\frac{t}{f} - \frac{x}{d} - \frac{2\ell}{d_1} - \frac{3\ell}{d_1} - \frac{y}{d}\right) 2\pi$$

$$a\delta\sigma^4 \cos\left(\frac{t}{f} - \frac{x}{d} - \frac{2\ell}{d_1} - \frac{5\ell}{d_1} - \frac{y}{d}\right) 2\pi$$

Es sei

$$\left(\frac{t}{f} - \frac{x}{d} - \frac{2\ell}{d_1} - \frac{y}{d}\right) 2\pi = \delta$$

$$\left(\frac{2\ell}{d_1} - \frac{\ell\ell'}{d}\right) 2\pi = \gamma$$

Nach ausgeführter Summation also :

$$a\delta\sigma \left\{ \cos \delta + \sigma^2 \cos \delta - \gamma + \sigma^4 \cos \delta - 2\gamma + \dots \right\}$$

Die so wie vorher bringen wir die Reihe auf  
die Form  $= A_1 \cos \delta + B_1 \sin \delta$   
so wie früher ergibt sich.



$$A_1^2 + B_1^2 = A_2^2 = \frac{a^2(1-r^2)^2}{(1-r^2)^2 + 4r^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}$$

$$A^2 = \frac{a^2(1-r^2)^2}{(1-r^2)^2 + 4r^2 \sin^2 \frac{2\Delta \cos \varphi}{d_1} \pi}$$

Auch diese Intensität ist periodisch hat Max. und Min. nach den Werten von  $\Delta$ .

Max. wenn  $2\Delta = \frac{n d_1}{\cos \varphi}$

Das Maximum ist also:

$$A^2 = a^2$$

Das Minimum tritt wieder ein wenn

$$2\Delta = \frac{(2n+1) d_1}{\cos \varphi}$$

Das

$$\text{Minimum ist} = \frac{a^2(1-r^2)^2}{(1+\frac{1}{2}r^2)^2}$$

Das Minimum ist recht viel kleiner als das Maximum. Die Stärke der Unterschiede zwischen der Durch- und Reflexion wird durch den Winkel  $\varphi$  und die Reflexionsfähigkeit des Lichts.

Die Maxima im refl. treten bei Dicken auf wo das gelbe ein Minimum hat. - Beide Lichtstrahlen ergänzen sich. - Die Summe beider Lichtmengen also  $(A^2 + B^2) + (A_1^2 + B_1^2)$  ist

$$\text{für jede Dichte} = a^2$$

Newton'scher Satz nur dass die Farben die bei Durchgang durch ein refl. und im Durchgangem <sup>Licht</sup> auftreten sind komplementäre.



Eines schlüsseln wir bis jetzt noch nicht -  
nämlich warum die Anzahl der Ringe begrenzt  
ist. Dem stellt unserer Formeln nicht  
bei jeder <sup>nach w. grösse</sup> Dichte Maxima und Minima auftraten.

Die Newton'sche Regel zur Untersuchung über farbige Strahlen in einer resultierenden Farbe. -  
Diese Regel findet ihre Anwendung bei allen Farben-  
erscheinungen.

Vor dem noch eine Bemerkung über die Begrenzung  
Anzahl der gesuchten Ringe. - Dieses Verstandes  
der Ringe ruht im allgemeinen davon her den das  
Licht mit dem es operieren nur ausüben  
homogener ist 2) Dab es die Stellen ~~wo~~  
wo die Maxima für die eine Art der Strahlen  
einfallen die Minima der anderen Art hier  
kommen.

Beisp. Es wären Strahlen  $\lambda = 0,00064$  und  
 $\lambda' = 0,00060$

Es wären für  $\lambda$  die Minima

$$\text{Minima } 2\lambda \cos \varphi = 2n \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Max. } 2\lambda \cos \varphi = 2n+1 \frac{\lambda}{2}$$

Für Licht  $\lambda'$

$$\text{Min bei } 2\lambda' \cos \varphi = 2n \frac{\lambda'}{2}$$

$$\text{Max bei } 2\lambda' \cos \varphi = 2n+1 \frac{\lambda'}{2}$$

Man nehmen wir noch einen mittleren  $\lambda''$   
an so der  $\lambda'' = 0,00062$



$$\text{min. } 2\pi \cos \varphi = 2n \frac{\lambda''}{2}$$

$$\text{max } 2\pi \cos \varphi = 2n+1 \frac{\lambda''}{2}$$

$$2n(d - \lambda'') = d''$$

$$\text{also bei } 2n = \frac{\lambda''}{d - \lambda''}$$

es ist dann auch bei  $n=31$  der Ringe ho-  
mogene Berechnung, indem max und min. zu-  
sammenfallen. -

Wir gehen näher ein. - Nützlich wie ein  
Bündelchen bei konvergenter Strahlung, deren Kunda-  
kationslänge zwischen  $d$  und  $d+i$  liegen. Die  
Kund. Länge irgend eines Strahles berechnen wir  
mit  $d+i$ .  
Wäre nur eine Farbe da so hätten wir die  
Intensität der ver. Strahlen:

$$= \frac{4a^2 r^2 \sin^2 \frac{\Delta \cos \varphi}{d+i} 2\pi}{(1-r^2)^2 + 4r^2 \sin^2 \frac{\Delta \cos \varphi}{d+i} 2\pi}$$

Für die verschiedenen Strahlen variirt  $\frac{\Delta \cos \varphi}{d+i}$ .  
 $a^2$  soll da die ~~Intensität~~ <sup>höchste</sup> Intensität des ganzen  
Bündels bedeuten. - Die <sup>höchste</sup> ~~Intensität~~ <sup>Intensität</sup> des  
fallenden Lichts ist dann nur ein Bruchtheil  
von  $a^2$ . - Dieser Bruchtheil ist  $\frac{a^2 r^2}{d}$

Wenn eine bildliche Darstellung gemacht  
wird. -

Die Intensität dieser Strahlen bei der  
ist also:





$$= \frac{4a^2 r^2 \sin^2 \frac{2\pi \cos \varphi}{d+2} 2\pi}{(1-r^2)^2 + 4r^2 \sin^2 \frac{2\pi \cos \varphi}{d+2} 2\pi} \frac{dr}{r}$$

Die im Auge genutzte Identität des  
ganzen Punktes ist 1 dem die  
nur euklidisch da ja die Scheitelstelle ist.

$$= \int_0^1 \frac{4a^2 r^2 \sin^2 \frac{2\pi \cos \varphi}{d+2} 2\pi}{(1-r^2)^2 + 4r^2 \sin^2 \frac{2\pi \cos \varphi}{d+2} 2\pi} \frac{dr}{r}$$

$$= 4a^2 \int_0^1 \frac{dr}{r} \left\{ 1 - \frac{(1-r^2)^2}{(1+r^2 + 2r \cos \frac{2\pi \cos \varphi}{d+2} 2\pi)} \right\}$$

$$r^2 = s$$

$$2\pi \frac{2\pi \cos \varphi}{d} = \varphi$$

$$2\pi \frac{2\pi \cos \varphi}{d+i} = \varphi - 2\pi$$

$$2\pi \frac{2\pi \cos \varphi}{d+2} = \varphi - x$$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d+i} = \frac{i}{2\pi \cos \varphi}$$

$$\frac{i}{d} \left( 1 - \frac{d}{2\pi \cos \varphi} \right) = \frac{d}{2\pi \cos \varphi}$$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d+2} = \frac{x}{2\pi} \frac{1}{2\pi \cos \varphi}$$

$$\frac{x}{d} \left( 1 - \frac{x}{2\pi} \frac{d}{2\pi \cos \varphi} \right) = \frac{x}{2\pi} \frac{d}{2\pi \cos \varphi}$$



Es sei  $\Delta$  und  $2\Delta$  wog sehr gross gegen  $\lambda$ . —

$$\frac{x}{i} = \frac{x}{2\pi} \quad \frac{dx}{i} = \frac{dx}{2\pi}$$

$$A^2 = a^2 \int_0^{2\pi} \frac{dx}{2\pi} \left\{ 1 - \frac{(1-s)^2}{1+s^2+2s \cos q - x} \right\}$$

$$A^2 = a^2 \left\{ 1 - \frac{(1-s)^2}{2\pi(1-s^2)} \left[ \arctg \left( \frac{1-s}{1+s} \operatorname{tg} \frac{q-x}{2} \right) \right]_0^{2\pi} \right\}$$

$$= a^2 \left( 1 - \frac{1-s}{1+s} \right) = a^2 \left( \frac{2s}{1+s} \right) = \frac{2a^2 r^2}{1+r^2}$$

also wird überall nur ~~hinweg~~   
 streuendes gleich gefärbtes Licht reflectirt.   
 Dies schliesst auch wie bei unweissen Licht   
 auch eine gleichmässige Beleuchtung ein.   
 (Mun. —)

Die Newton'sche Farben summation.

Wir haben dann die reflectirte Intensität   
 $= 4a_r^2 r^2 \sin^2 \frac{\Delta \cos q}{\lambda_r} 2\pi$

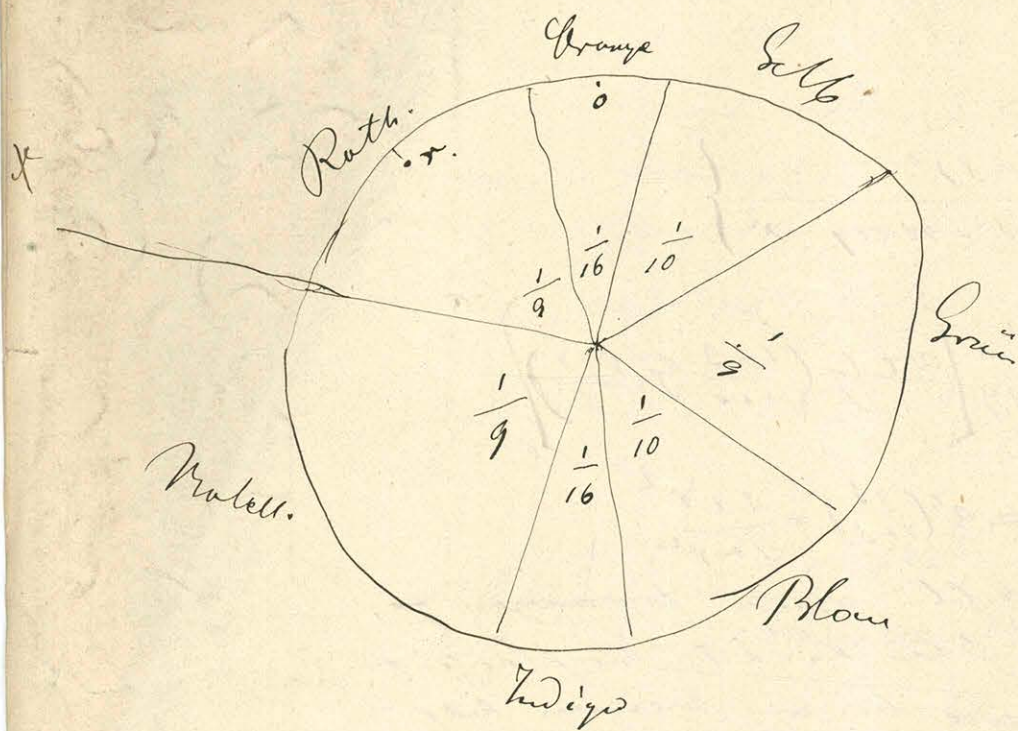
wo  $\lambda_r$  die Wellenlänge etwa rothen Lichtes ist   
 für Orange

$$= 4a_o^2 r^2 \sin^2 \frac{\Delta \cos q}{\lambda_o} 2\pi$$

$$\text{Gelb} = 4a_g^2 r^2 \sin^2 \frac{\Delta \cos q}{\lambda_g} 2\pi$$

Nur wenn  $a_r^2, a_o^2, a_g^2$  die Intens. des rothen, orangen   
 und gelben Lichtes war wie im Sonnenlichte enthalten sind. —   
 Die Newton'sche Regel giebt die resultirende Formel. —   
 Seemann's Construction: —





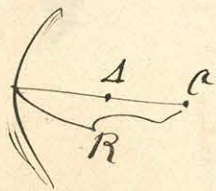
N. nicht den Schwerpunkt des Trägers.  
 Seien diese  $v, o$  etc.  
 In diesen Schwerpunkten  
 denkt er sich ein mit  
 der Größe der dazuge-  
 hörenden Trägers  
 proportionales Gew.  
 aufgehängt, und sucht  
 den resultierenden  
 Schwerpunkt. —  
 Bei weißem Lichte  
 fällt dieser Schwerpunkt  
 in den Mittelpunkt,  
 das bedeutet dann die ser. Farbe weiß  
 ist —

Bei nichtweißem Lichte habe ich in  
 den allen Schwerpunkten, zu dem Centrum,  
 der Dorn gehörenden Farbe proportionales  
 Gewicht an zu bringen, und so den ge-  
 sucht u. suchen. — Die resultierende Farbe  
 ist dann die, in deren Feld der gemeinsame  
 Schwerpunkt hinein fällt. —

Die Entfernung des Schwerpunktes vom  
 Kreismittelpunkte giebt das Verhältnis  
 der farbigen Lichte zum weißen Lichte

$$\text{also: } CA : R - CA$$

oder also  $o : R$  für weißes Licht.





Die Entfernung der Schwerpunkt ist  
wenn  $R = 1$  u.  $1$ .

Prolet Selbst

$$Rath = 0,954$$

$$O. Y. \text{ ~~Prolet~~ } = 0,985$$

$$S. D. \text{ ~~Prolet~~ } = 0,962$$

Dann die einzelnen Schwerpunkt auf Coord.  
bringen.

$$R_{\text{og}} \text{ Ko. } \overset{(X)}{+0,822} \quad \overset{(Y)}{\pm 0,482}$$

$$O. \text{ End. } +0,207 \quad \pm 0,963$$

$$\text{Selb. Man. } -0,514 \quad \pm 0,814$$

$$\text{Grün. } -0,954 \quad 0$$

Die dabei aufzukäufenden Gew. wurde  
sich mit den großen Anfangsbuchstaben be-  
ziehen - die Coord. der ~~Stütz~~ gemessen.  
Schwerpunkte berechnen die von X und Y

$$X = \frac{(R+V)0,822 + (O+Y)0,207 - (\text{Selb}+Rl)0,514 - G_{0,954}}{R+V+O+Y+G_{\text{b}}+Rl+G_{\text{r}}}$$

$$Y = \frac{(R-V)0,482 + (O-Y)0,963 + (\text{Selb}-Rl)0,814}{R+V+O-Y+G_{\text{b}}+Rl+G_{\text{r}}}$$

$$\text{tyw} = \frac{Y}{X} \quad \text{Dann ist auch CA zu berechnen}$$

CA: R-CA gibt dann den Wth. der ~~Größen~~  
zum kleinen Lichte.